

ZEMLJA...



*Kosmički raj
i pravo mesto za život*

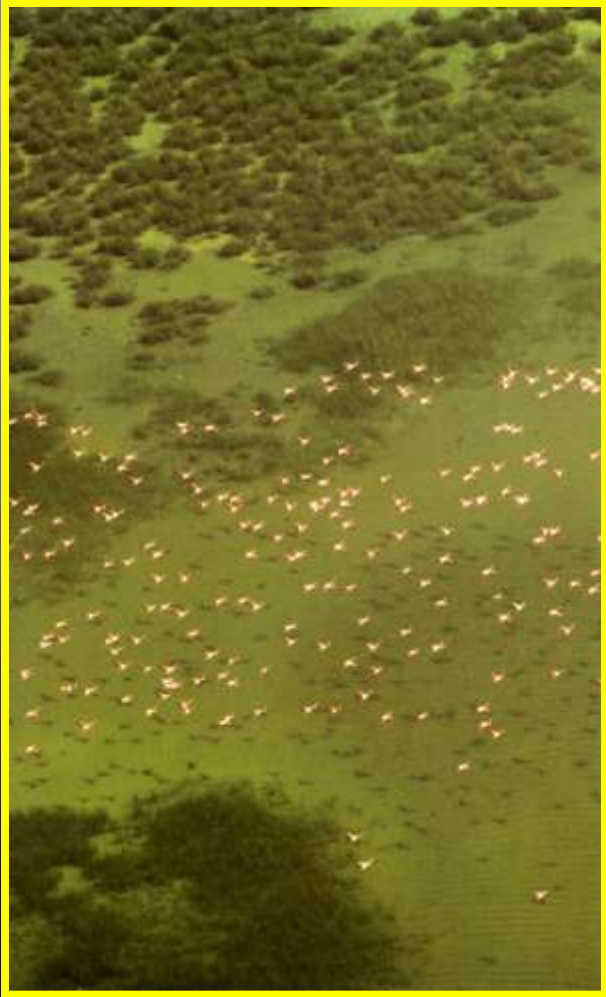




Ona je čudo prirode!



Sasvim sigurno jedinstvena u Kosmosu!



Čak i kad je namrštena ona je lepa!

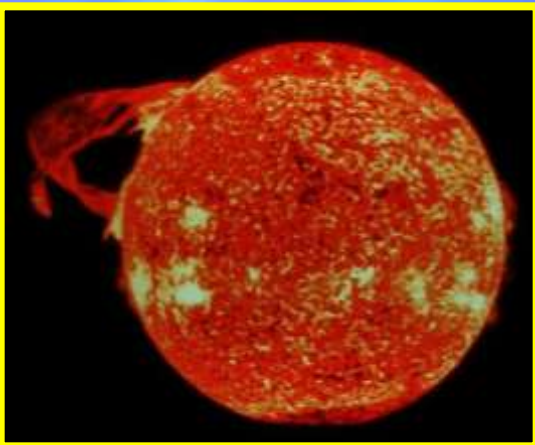


*Zovu je i zlatokosa
planeta...*

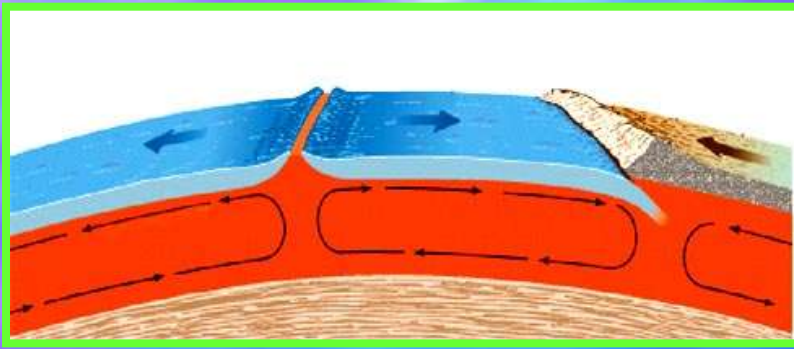


*jer se, sa stanovišta
nastanka i razvoja
života, ...*

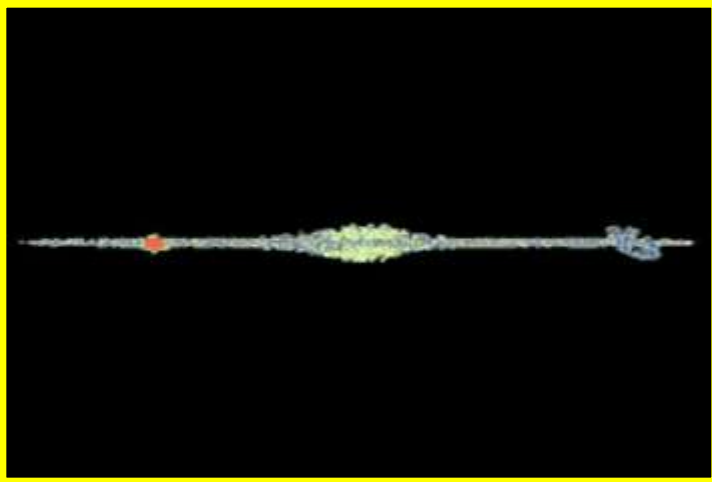
... nalazi oko prave vrste zvezda (ni prevelike, ni jako male, ni premlade, ni previše stare, sa dosta metala u sebi i stabilnim zračenjem).



Zemlja se nalazi u tzv. nastanjivoj zoni Sunca. U njoj temperatura nije ni suviše visoka, ni previše niska: omogućuje postojanje tečnog vodenog omotača, stabilne atmosfere, koja nas štiti od "štetnih" uticaja iz Kosmosa.

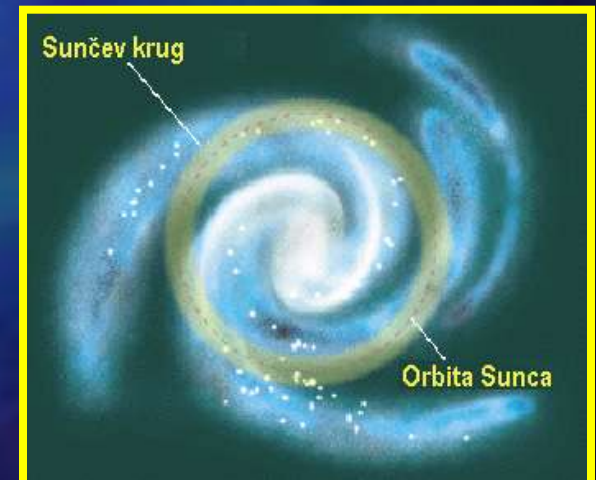


Zemlja ima takvu tektoniku koja omogućuje kruženje ugljenika, koji je od presudnog značaja za nastanak i opstanak života.



Nalazimo se u pravoj vrsti galaksija. Mlečni put je spiralna galaksija, što omogućuje stabilnost kretanja zvezda. Spiralne galaksije pogodne su za formiranje zvezda tzv. I populacije, koje se odlikuju i visokom metaličnošću.

Sunce se nalazi u tzv. galaktičkoj zoni nastanjivosti, u kojoj nije prisutno ubitačno zračenje iz središta galaksije.



Svi ovi, ali i neki drugi faktori, učinili su da je Zemlja idealno mesto za život.



*Međutim, jesu li ovo perspektive dalje evolucije
na Zemlji?*





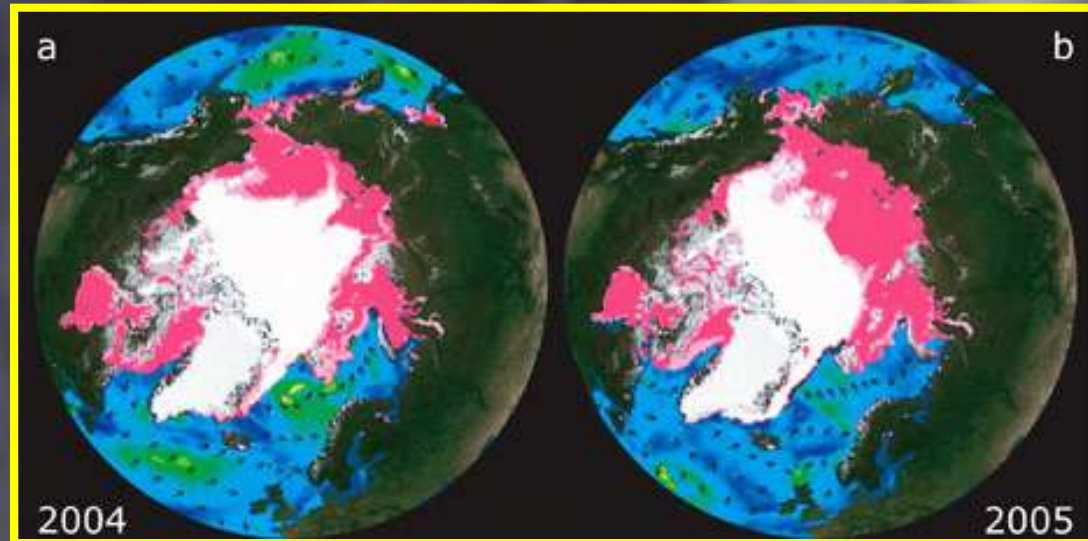
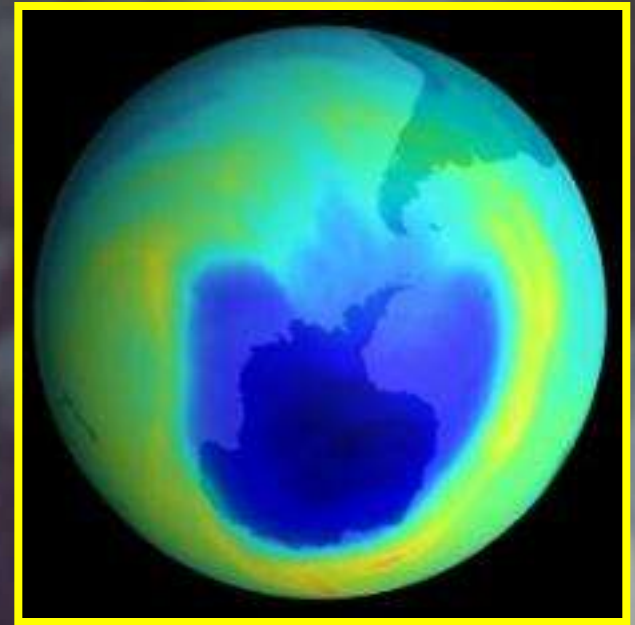


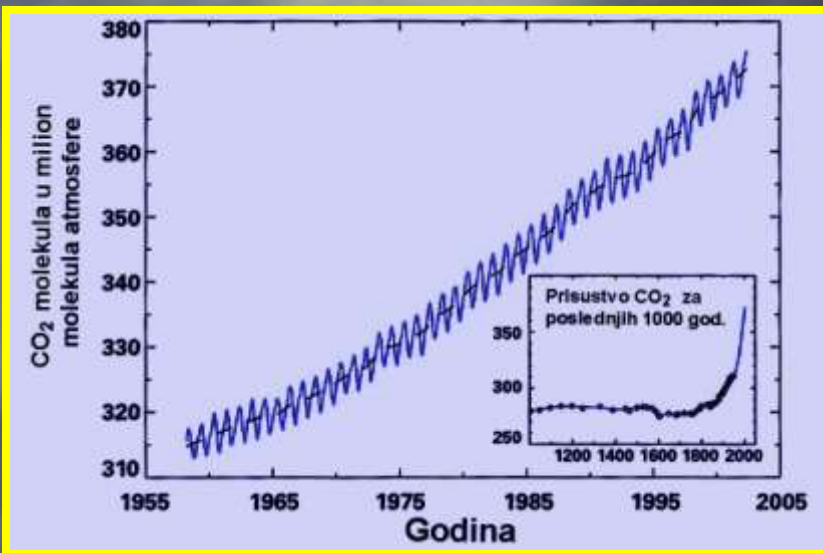
Neodgovoran odnos čovečanstva prema planeti koja nam je omogućila život, već deluje tako da ćemo je učiniti pustinjom poput Venere ili Marsa. To bi još jednom potvrdilo činjenicu da su sve civilizacije, u konačnom, bile i auto destruktivne.

Do skoro, nekontrolisanom emisijom CFC jedinjenja, učinili smo da je istanjenost ozonskog sloja veća no ikad, a produkcija gasova staklene bašte Zemlju dovodi do usijanja.



Proces zagrevanja Zemlje postao je praktično nezadrživ. Sa druge strane ovaj proces otežava oporavak ozonskog sloja.

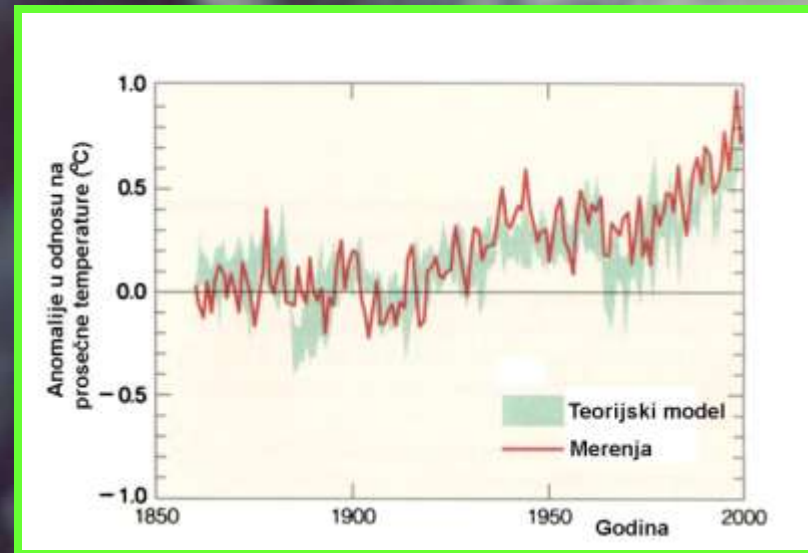




Besomučno uništavanje šuma u Brazilu (pluća planete), zagađivanje svetskog mora i odumiranje planktona, kao i eksponencijalan rast potrošnje fosilnih goriva, uzrok su velikog povećanja prisustva CO₂ u atmosferi.

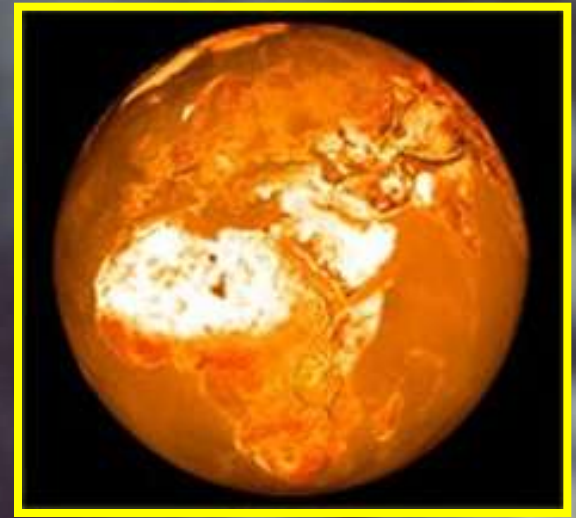


Ovakvom trendu u velikoj meri doprinele su i vulkanske aktivnosti na Zemlji. Evidentan porast udela gasova staklene bašte rezultirao je porastom prosečne temperature i globalnim zagrevanjem.



Iako nam je predstojalo novo ledeno doba, po svemu sudeći, Zemlja će, možda, postati usijana kamenita pustinja.

Interesantno je da geološka istraživanja ukazuju da je pre 600 miliona godina Zemlja bila zaleđena kao snežna grudva. Čak je i kod ekvatora okean bio pokriven ledom debljine par kilometara. Zemlju su onda "povratili" vulkani i hidrotermalni izvori, stvarajući parcijalni pritisak CO₂ koji je bio 400 puta veći od današnjeg.



Ako se ovakvi trendovi nastave, Zemlja će prestati da bude zlatokosa planeta.

Ne treba smetnuti s uma da će neki procesi sigurno uništiti život na Zemlji (npr. smrt Sunca, kao neminovna faza njegove evolucije), dok su drugi potencijalna opasnost za njegov opstanak (npr. udar asteroida ili komete).



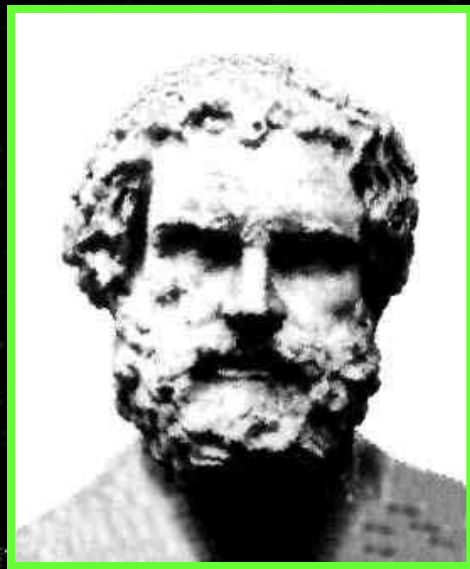
Osim iskonske potrebe nalazjenja odgovora na pitanje: Jesmo li sami u Kosmosu? možda je traženje "rezeronog staništa" i produženje vrste uzrok pojačanog interesovanja za sveteve izvan Sunčevog sistema.

Prof.dr Dragan Gajić



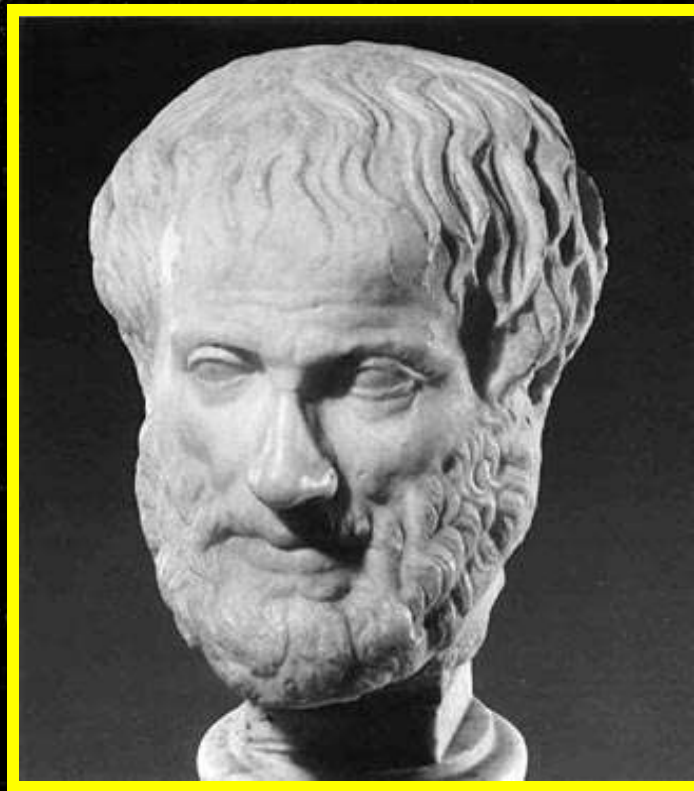
*Ekstrasolarni sistemi —
naša budućnost ili samo nada?*

Ideja o postojanju drugih svetova nije nova. Grčki atomisti Leukip i Demokrit govorili su o mnoštvu svetova. Epikur je tvrdio da postoji bezbroj svetova, od kojih su neki slični našem, a mnogi se od njega razlikuju.



“U nekim svetovima ne postoje ni Sunce, ni Mesec, dok u drugim su oni mnogo veći nego u našem svetu i mnogo brojniji. U nekim delovima postoji više svetova, u nekim manje. U nekim delovima oni nastaju, u nekim se gase. Postoje neki svetovi koji su lišeni živih bića, biljaka ili bilo kakve vlage.” (Demokrit iz Abdere, 470–380 p.n.e.)

Ali, Aristotel (384–322. g.p.n.e.) je tvrdio da postoji samo jedan svet. Njegovo mišljenje je preovladavalo u narednih 2 000 godina. Bilo je prihvaćeno i od strane hrišćanske crkve, koja je drugačije stavove proglašavala jeretičkim.



“Postoji samo jedan svet koji se nalazi u centru Univerzuma. Oko njega kruže sve planete zajedno sa Suncem, dok su zvezde, koje se vide noću, fiksirane na sferi izvan planetarnog sistema.”

Đordano Bruno (1548–1600): Tvrdio da je Zemlja samo mali kamen u svemiru raznih svetova. Zbog svojih stavova mučen je u Veneciji (9 meseci), a 7 godina je tamnovao u Rimu. Kardinal Belermino ga optužio: da ne veruje u euharistiju (molitva pri osvećivanju hleba vinom) i sveto Trojstvo, da veruje u seobu duše čoveka u telo životinje i zastupa ideju o više svetova (postoji beskonačno mnogo zvezda, sa beskonačnim brojem planeta).



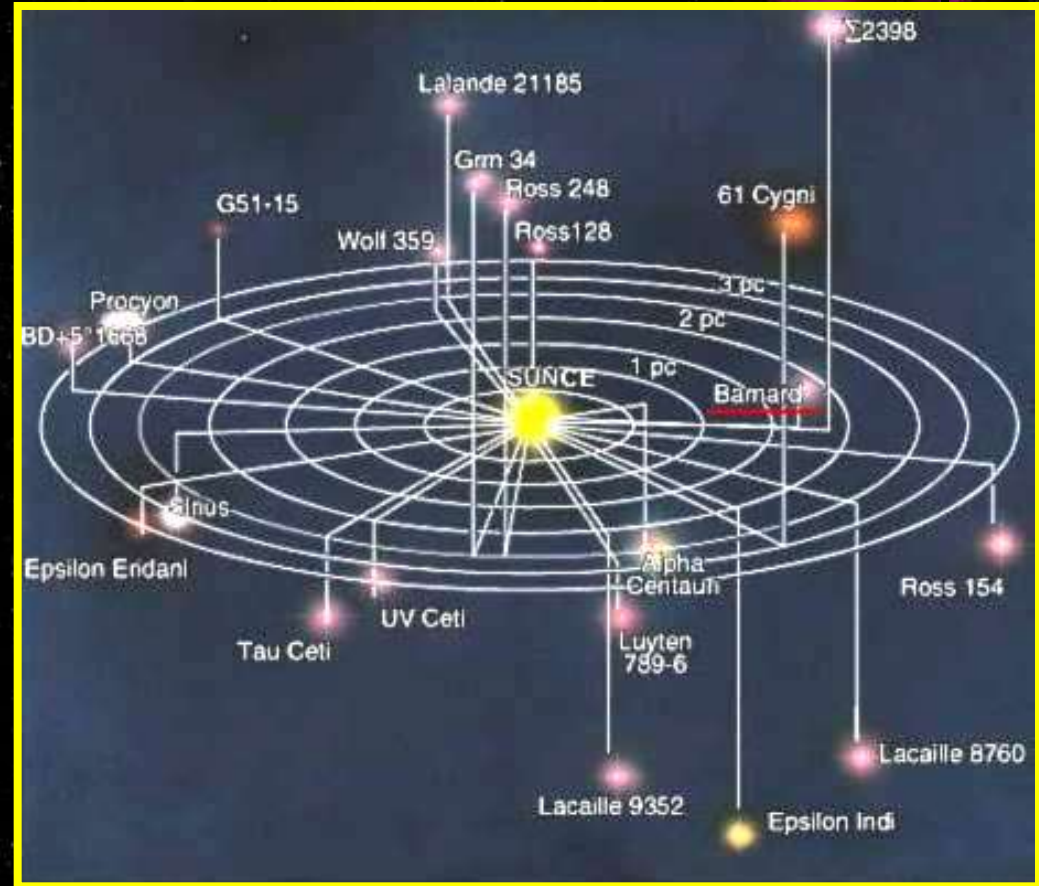
“Postoji beskonačno mnogo zvezda sa beskonačnim brojem planeta”

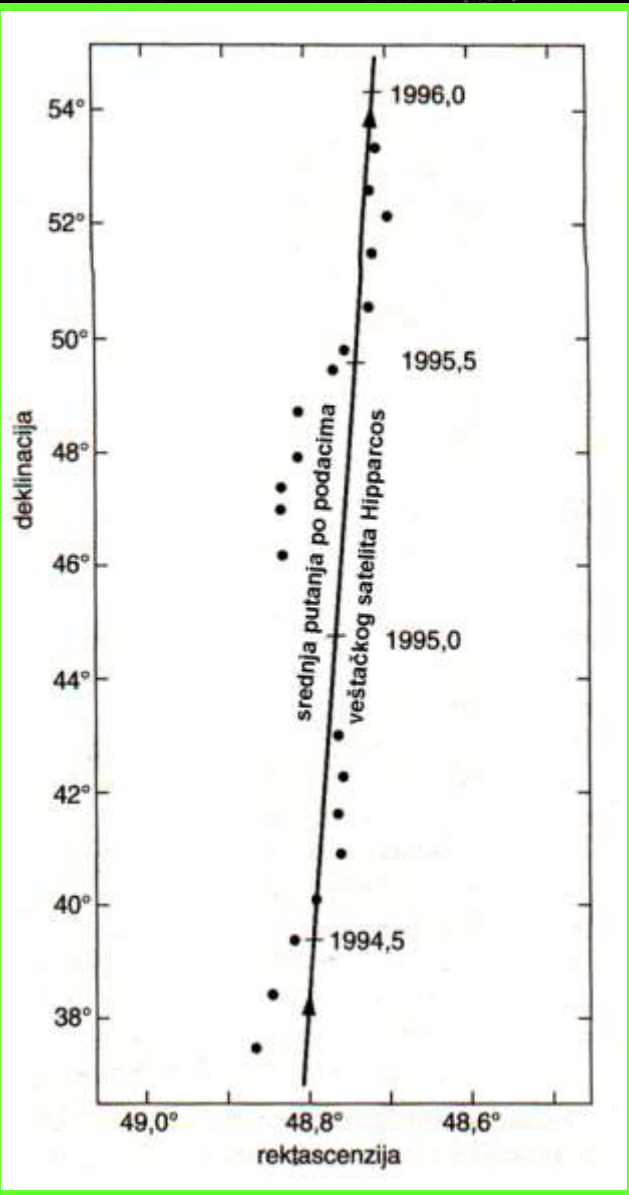
Optužen je i da je petkom jeo meso i da je opštio sa brojnim prostitutkama. Sve to nije negirao, ali nije hteo ni da se odrekne svojih stavova. Zbog toga je spaljen na Cvetnom trgu (Campo de' Fiori). Bio je tragična žrtva novih ideja.



Krajem 17. veka Kristijan Hajgens je tragao (bezuspešno) za ekstrasolarnim planetama.

Peter Van de Kamp je od 1938. do 1962. g. pratio kretanje Barnardove zvezde. Radi se o crvenom patuljku, koji je udaljen od nas oko 5.95 sg (4. je po udaljenosti od Sunca). Nalazi se u sazvežđu Zmijonoše, i kreće se prema nama izuzetno brzo (zvezda sa najvećim prividnim kretanjem): radijalna brzina u odnosu na Sunce joj je -108 km/s. Kroz nekoliko hiljada godina, biće nam bliža od Proxima Centauri.





De Kamp je analizirao oko 2000 snimaka ove zvezde. Uočio je perturbacije u njenom kretanju. Smatrao je da one potiču od najmanje jedne planete reda veličine Jupitera, koja orbitira oko zvezde. Poslednji put oglasio se 1982. godine. Tada je tvrdio da oko ove zvezde orbitiraju dve planete masa 0.7 i 0.5 mase Jupitera i perioda revolucije od 12 I 20 godina. Bilo je i drugih autora koji su iznosili slične rezultate svojih istraživanja. Međutim, mnogo veći broj autora nije uočio perturbacije ili ih je pripisivao sistematskim greškama, koje potiču od posmatračke opreme. To bi značilo da oko ove zvezde nema nikakvih pratilaca.

De Kamp je umro 1995. godine u uverenju da postoje pratioci Barnardove zvezde. Polemike se vode do današnjih dana.

Detekcija pratilaca udaljenih zvezda je izuzetno veliki problem: radi se o telima malih masa (u poređenju sa zvezdama), niskih temperatura (reemituju zračenje u IC oblasti). Ona su malih dimenzija, pa im je i sjaj mali. Ne svetle sopstvenom svetlošću, već reflektuju zračenje matične zvezde. Da bi se sa Zemlje ekstrasolarne planete videle direktno kroz teleskop, bilo bi potrebno da je njegov otvor 100 m.



Treba imati u vidu da opšte karakteristike ekstrasolarnih sistema nisu poznate, tako da, u tom smislu, pod planetama treba podrazumevati tela koja intuitivno možemo tako tretirati. U tom smislu, ne treba se striktno držati definicije planeta, koja je usvojena na zasedanju Generalne Skupštine MAU (14–25.8.2006.) u Pragu. Po njoj:

Planeta je nebesko telo koje:

- a) se nalazi u orbiti oko Sunca*
- b) ima dovoljnu masu da njena sopstvena gravitacija obezbeđuje (skoro) sferan oblik*
- c) da je raščistilo okolinu duž svoje orbite*

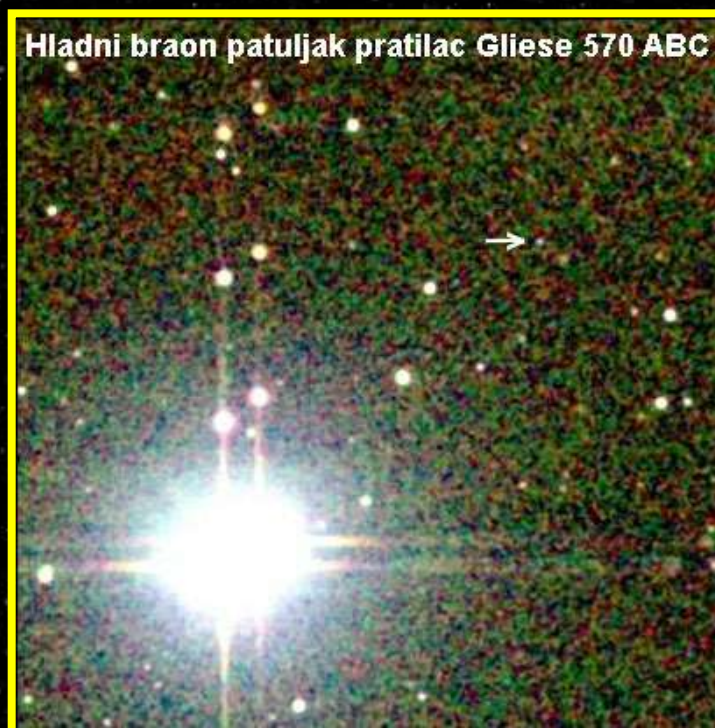


Isto tako treba praviti razliku između braon patuljaka i planeta. Braon (smeđi) patuljci su tela na razmeđi između zvezda i planeta. Imaju mase između 0.08 i 0.01 mase Sunca.

MAU je na zasedanju 2003. godine objavio definiciju toga šta su ekstrasolarne planete, a šta braon patuljci:

- 1) Objekti sa masom ispod granične mase za termonuklearnu fuziju deuterijuma (trenutno je izračunato da je potrebno 13 masa Jupitera za Sunčevu metaličnost), koji orbitiraju oko zvezda ili zvezdanih ostataka, su "planete" (bez obzira kako su nastale). Minimalna masa/veličina potrebni da bi se ekstrasolarni objekat nazvao "planetom" su isti kao oni u Sunčevom sistemu.*

- 2) "Braon patuljcima" smatraju se tela sa masom većom od granične mase za termonuklearnu fuziju deuterijuma, bez obzira kako su nastali i gde se nalaze.
- 3) Slobono plutajući objekti u grozdovima mladih zvezda sa masom ispod granične mase za termonuklearnu fuziju deuterijuma nisu "planete" već su "subbraon patuljci"



Braon patuljci svetle slabim sjajem zahvaljujući toploti oslobođenoj u gravitacionoj kontrakciji i delom zbog slabo prisutne fuzije. Dele se u dve grupe: L (sa spektrima metalnih hidrida i površinskom temperaturom oko 2000 K) i T (sa apsorpcionim spektrima metana i vode i površinskom temperaturom koja je niža od 1000 K). Smatra se da granična masa između braon patuljaka i planeta iznosi 13 masa Jupitera. To je kritična masa koja obezbeđuje početak fuzije.



U poslednje dve decenije došlo je do burnog razvoja i u oblastima posmatračke tehnike u svim frekventnim područjima, kao i u oblasti razvoja detektora i sistema za obradu signala. Od početka devedesetih godina XX veka, kada je otkrivena prva ekstrasolarna planeta, do 17. novembra 2010. godine detektovano je 497 ovih planeta (<http://exoplanet.eu>). Od toga najveći broj pripada planetarnim sistemima. Danas veliki broj timova u mnogim zemljama traga za ovim planetama.



Prve otkrivene ekstrasolarne planete (PSR 1257+12B i PSR 1257+12C) rotiraju oko pulsara PSR 1257+12. Otkrili su ih Volzon i Frai 1992. godine.



Smatra se da su one ili kameni ostaci jezgara gasnih džinova ili rezultat druge generacije planetarnog sistema, koji je nastao od ostataka nakon eksplozije supernove.

Umetnička vizuja PSR B1257+12B

Treća, za sada poslednja, planeta otkrivena oko ovog pulsara je PSR B1257+12A. Isti astronomi otkrili su je 1994. godine. Ona je najmanje masivna ekstrasolarna planeta do sada otkrivena. Njena masa je dvostruko veća od Mesečeve.

Inače, pulsari su neutronske zvezde koje rotiraju velikom brzinom i kod kojih se osa rotacije ne podudara sa osom jakog magnetnog polja. Emituju intenzivno sinhrotronsko zračenje radio frekventnog područja u snopu koji se okreće. Zato zračenje primamo u strogo periodičnim impulsima. Period rotacije i impulsa je od 1 ms do nekoliko sekundi. Dimenzija su 10–30 km i nastaju kolapsom zvezda čije su mase 1.4 do 6 puta veće od Sunčeve.



Neperiodične varijacije impulsa mogu nastati usled seizmičke aktivnosti (sleganja) površinskih slojeva. S vremenom, usled gubitka energije zračenjem period rotacije (impulsa) se produžava.

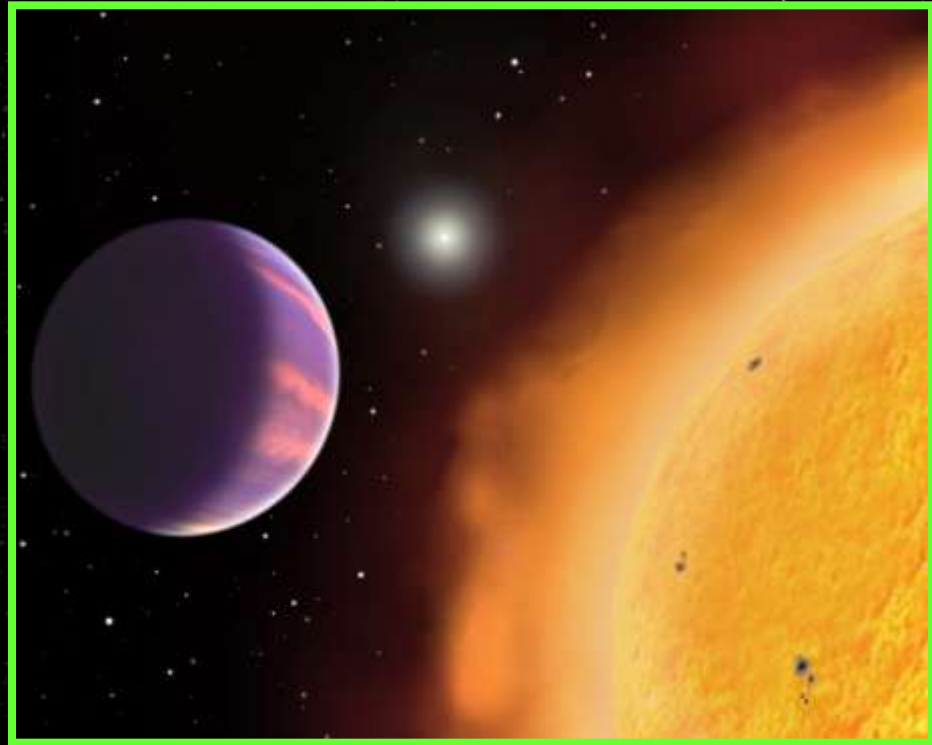
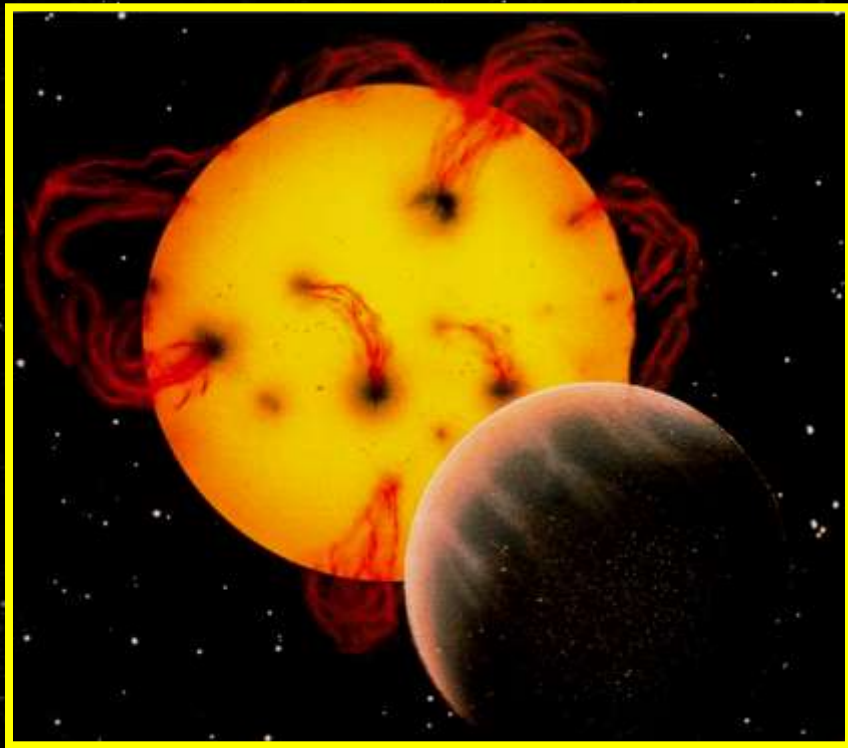
Zbog prisustva planeta, oko pulsara dolazi do regularnih poremećaja impulsa i to kada planeta zaklanja snop za posmatrača sa Zemlje. Tako se mogu otkriti i planete veličine Zemlje. Otkriveni su i pulsari sa planetarnim sistemima.



Po svemu sudeći, planete oko pulsara formirane su nakon što je zvezda postala neutronska. Da nije tako bile bi uništene u eksploziji supernove, čiji je ostatak neutronska zvezda (pulsar).

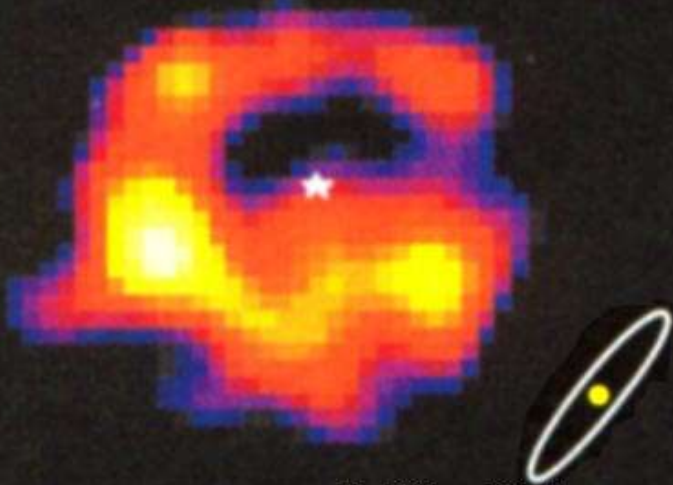


Prva potvrđena vansolarna planeta oko zvezde koja se nalazi na glavnom nizu Hercšprung–Raselovog dijagrama je oko zvezde 51 Pegaza. Otkrili su je 1995. g. Major i Keloz. Matična zvezda je slična Suncu, a radi se o planeti upola manje mase od Jupiterove, koja rotira na 0.05 AU oko zvezde sa periodom od 4.2 dana.



Najbliža, do sada, otkrivena ekstrasolarna planeta je Epsilon Eridani. Od nas je udaljena oko 10.5 sg. Masa joj je oko 1.5 masa Jupitera. Nagib orbite podudara se sa nagibom diska gasa i prašine oko zvezde. U disku su otkrivena dva tela, koja su nastala u isto vreme. Zvezda je stara oko 800 miliona godina i zbog toga je još uvek okružuje disk gasa i prašine.

Epsilon Eridani



Veličina Plutonove orbite



Problemi koji postoje prilikom direktnog posmatranja ekstrasolarnih planeta javljaju se jer je:

- U vidljivom spektru talasnih dužina, sjaj planeta je manji od milionitog dela sjaja roditeljske zvezde (one uglavnom sjaje reflektovanom svetlošću).*
- Zasenjanje od strane roditeljske zvezde jako veliko.*

Zbog ovih razloga ekstrasolarne planete mogu se videti samo pod određenim uslovima.

Bilo je potrebno da se uvedu nove posmatračke tehnike.

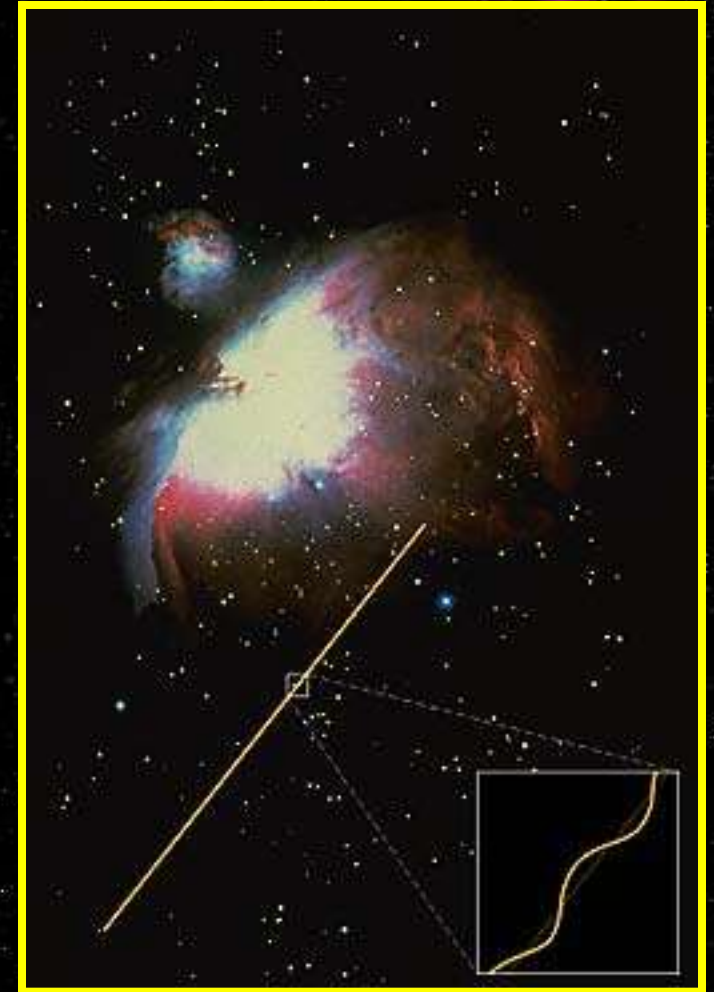
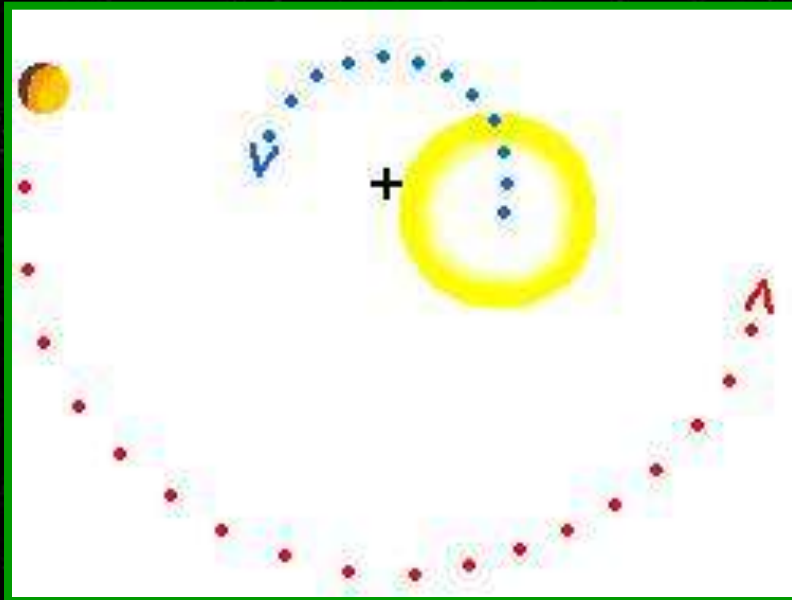


Osnovne metode detekcije ekstrastolarnih planeta



1. Astrometrijska

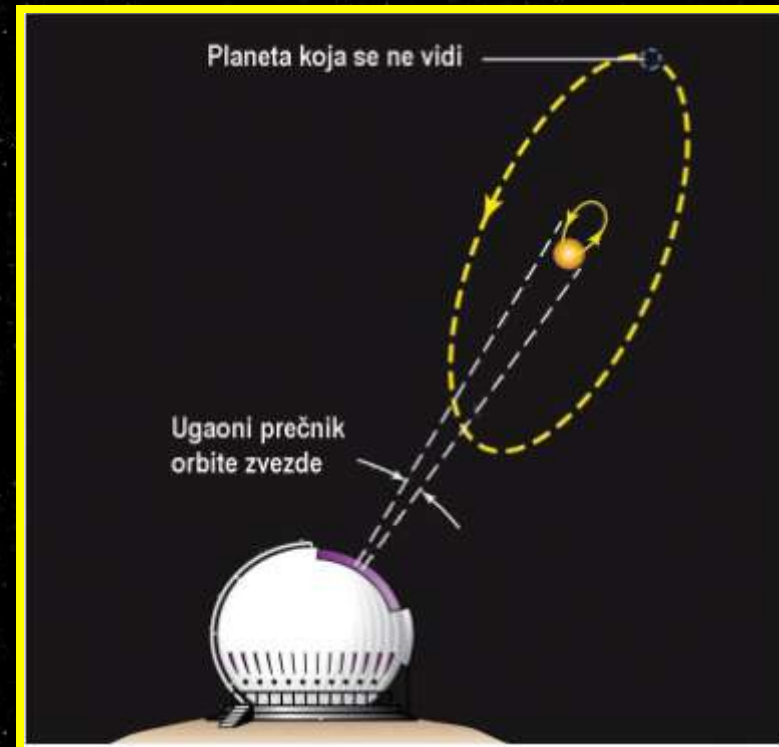
Bazira se na otkrivanju poremećaja u kretanju zvezde. Zbog prisustva planete sistem zvezda–planeta kreće se oko baricentra i prilikom kretanja dolazi do “ljuljanja” zvezde.



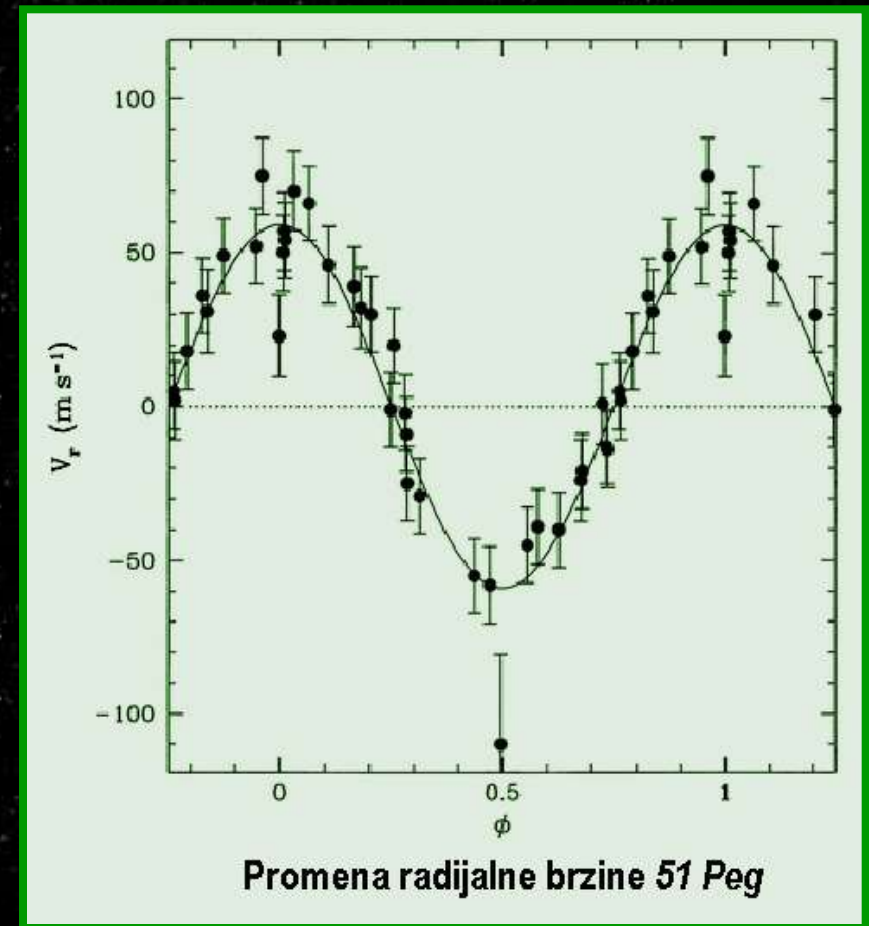
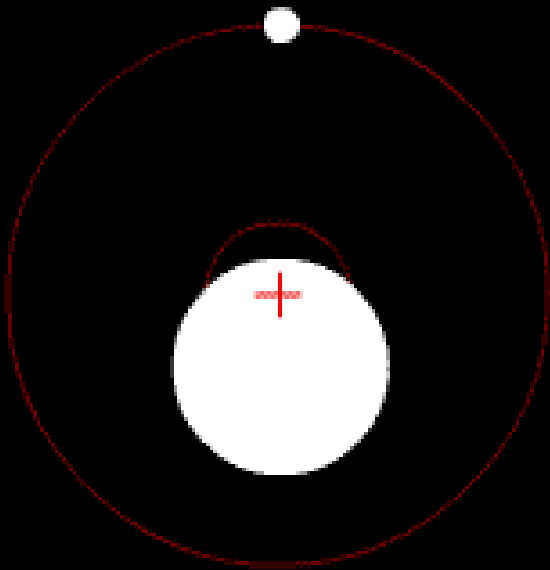


Ukoliko zvezda ima planetu onda će gravitacioni uticaj planete izazvati kruženje same zvezde po maloj kružnoj ili eliptičnoj putanji. Otkrivanje planete sastoji se u preciznom merenju položaja zvezde na nebu i posmatranja kako se njen položaj menja u toku vremena.

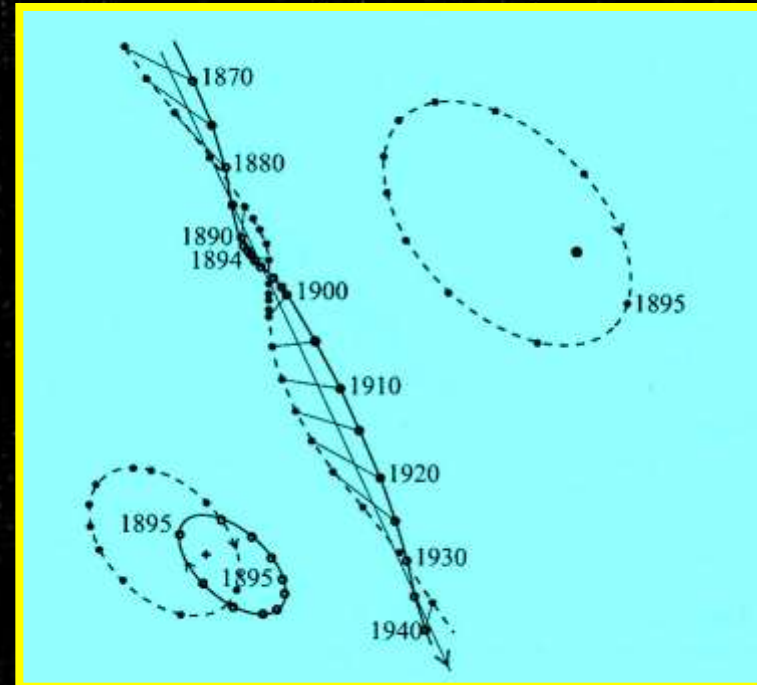
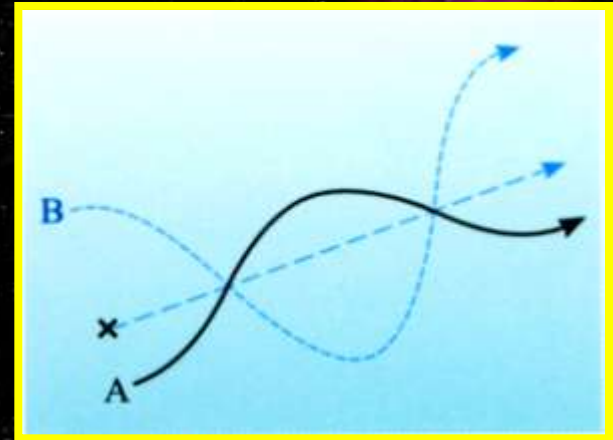
Ova metoda omogućuje preciznu procenu mase planete.



Primena ove metode teško je ostvariva, jer se pomenuti fenomen javlja kod planeta koje poseduju veliku masu i koje su blizu matične zvezde. Masa planete treba da je manja od one koja bi je pretvorila u zvezdu.

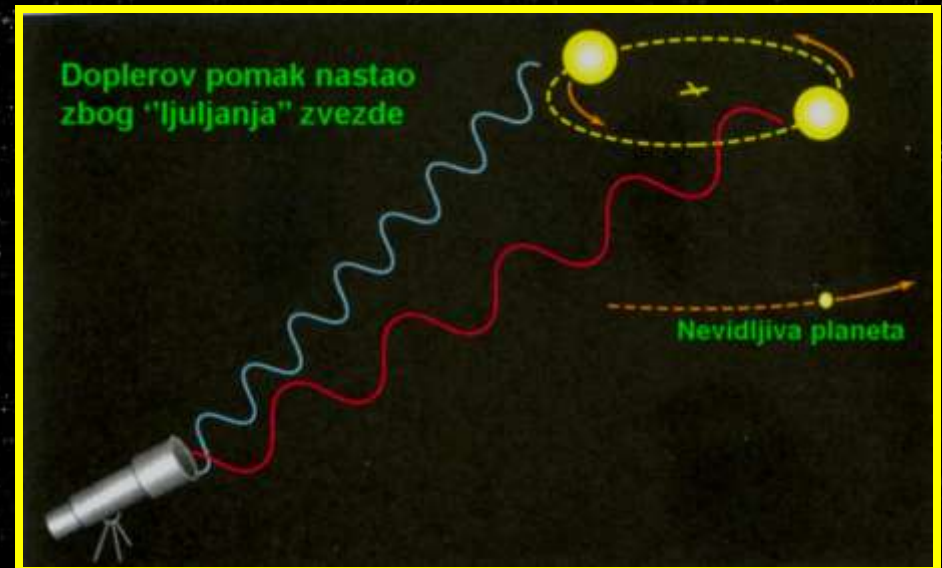
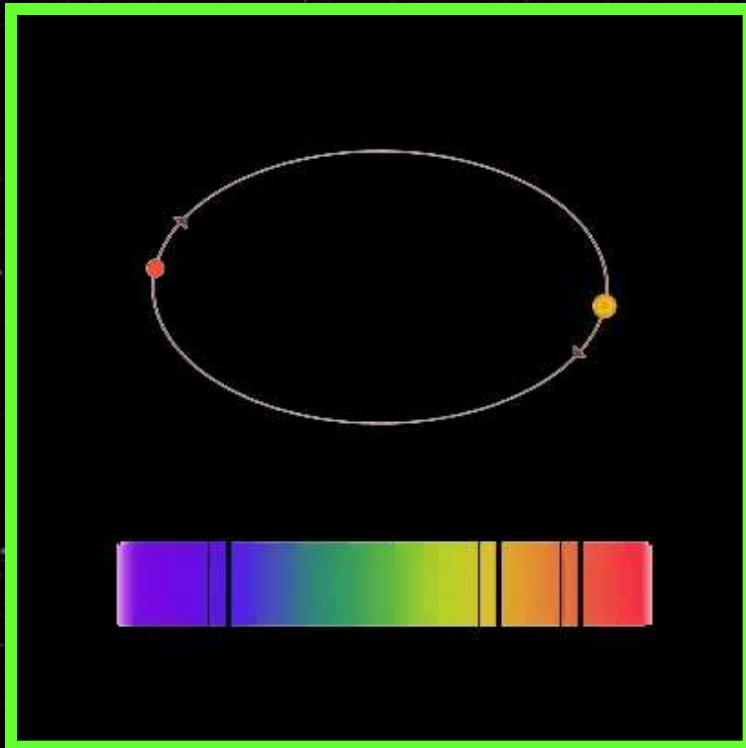


E. Klark je 1862. g., na osnovu proračuna Besela, ovom metodom otkrio pratioca Sirijusa, najsjajnije zvezde na našem nebu. To je patuljasta zvezda Sirijus B, čiji je prečnik samo oko 2.5 puta veći od Zemljinog.



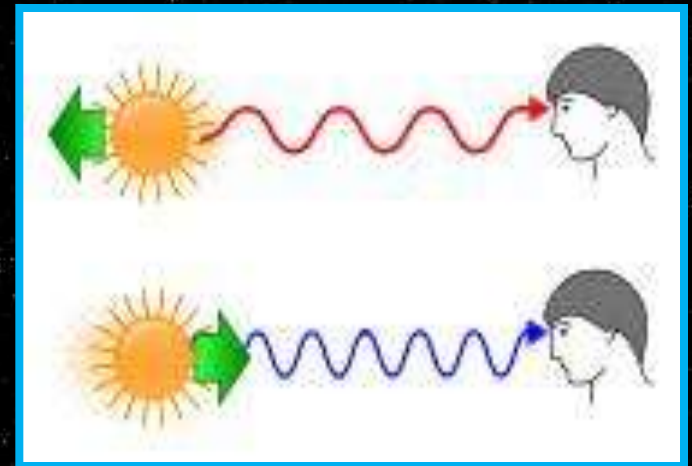
2. Metoda zasnovana na Doplerovom efektu

Metoda odgovara situaciji iz prethodne metode. Zbog kretanja oko baricentra zvezda se naizmenično kreće ka posmatraču i od njega. To ima za posledicu naizmenične crvene (odgovara udaljavanju zvezde) i plave (odgovara približavanju zvezde) pomake spektralnih linija u spektru zvezde. Pomeranja linija u spektru ne menja boju zvezde (Bajs–Balotov zaključak, 1845.)

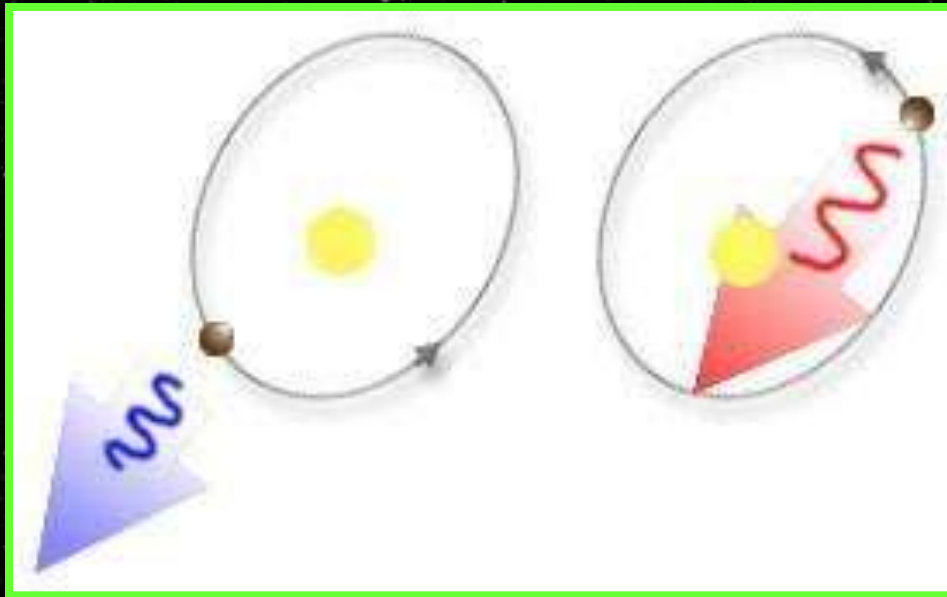


Rusko-američki astronom Oto Sturvo je 1952. godine predložio upotrebu moćnih spektrografa za detekciju dalekih planeta. Veoma velika planeta, reda veličine Jupitera, može izazvati podrhtavanje kod matične zvezde, dok se kreću oko zajedničkog centra masa. Sturvo je pretpostavio da bi mali Doplerovi pomaci u svetlosti emitovanoj od strane zvezde, izazvani stalnim varijacijama radijalne brzine, mogli biti detektovani najosetljivijim spektrografima, kao mali crveni i plavi pomaci u emisiji zvezde.

Oktobra 1995. godine otkrivena je prva ekstrasolarna planeta pomoću Doplerove spektroskopije, 51 Pegasi b, koja je i ujedno prva otkrivena planeta koja kruži oko zvezde u glavnom nizu Hercšprung – Raselovog dijagrama.



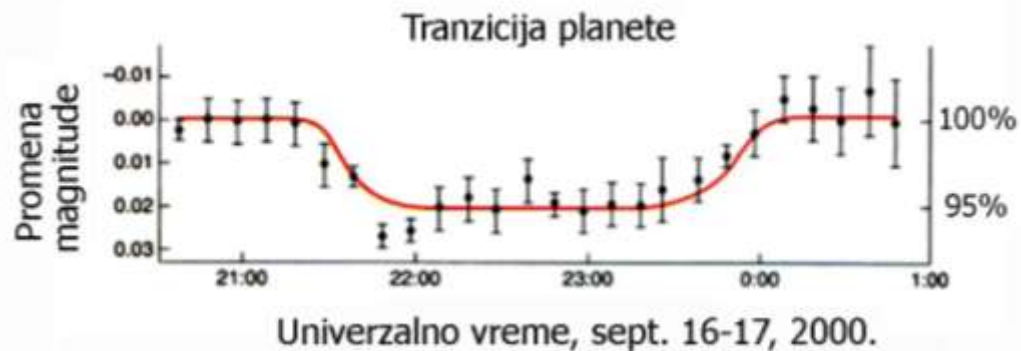
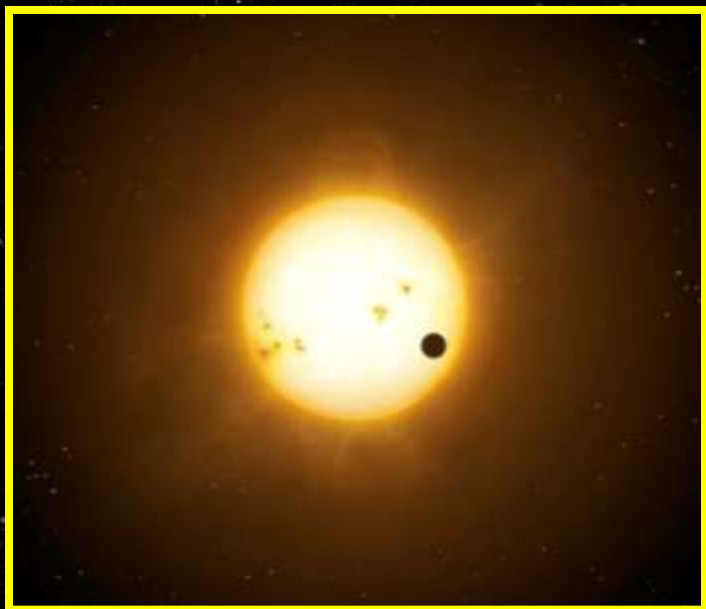
Problem kod ove metode je što su pomaci u spektru zvezde kod ovakvih kretanja mali, tako da se mogu detektovati samo velike planete u blizini zvezde (tzv. vrela Jupiter). Osim toga, posmatrač sa Zemlje teško može da pretpostavi pod kojim uglom u odnosu na ravan Sunčevog sistema (ravan ekliptike) leži ravan putanje ekstrasolarne planete. Zbog toga se primenom ove metode ne može precizno da odredi masa planete, već se procenjuje njena minimalna vrednost (tzv. $M \sin i$ i procena).

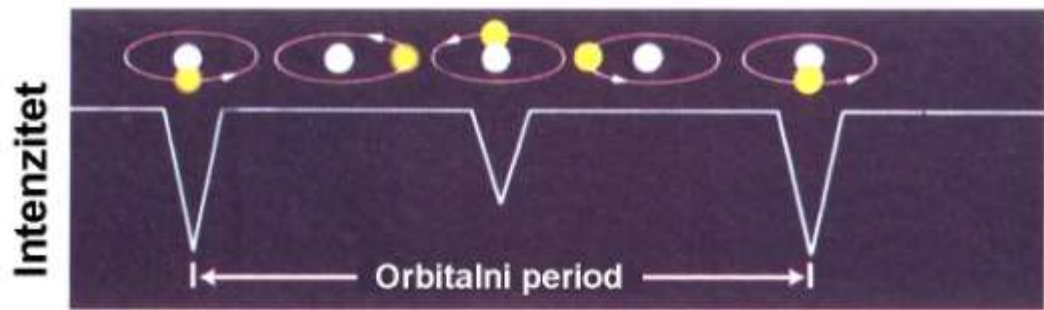


Problem može da bude i gasni omotač koji se formira oko određenih tipova zvezda. On može da se širi i skuplja. Osim toga, određene zvezde mogu biti promenljive, što otežava primenu ove metode.

3. Fotometrijska metoda

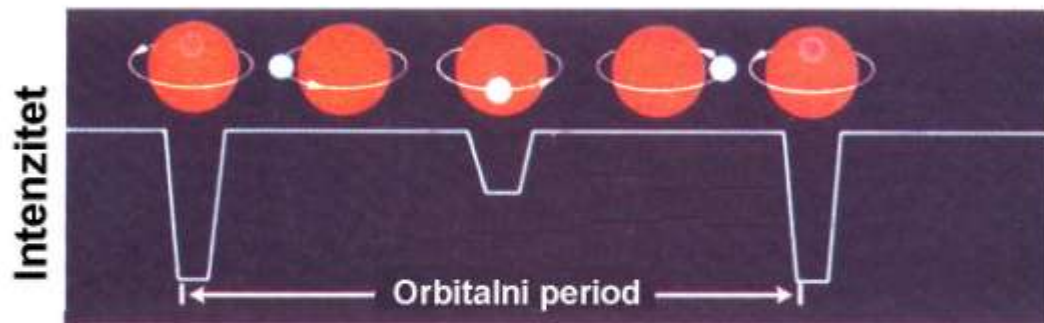
Metoda se bazira na promeni sjaja zvezde kada planeta "prelazi" preko njenog diska (okultacija). Do pojave dolazi kada se, bar približno, poklapaju ravan posmatrača na Zemlji i ravan u kojoj planeta orbitira oko planete. Metoda omogućuje i određivanje radijusa planete.





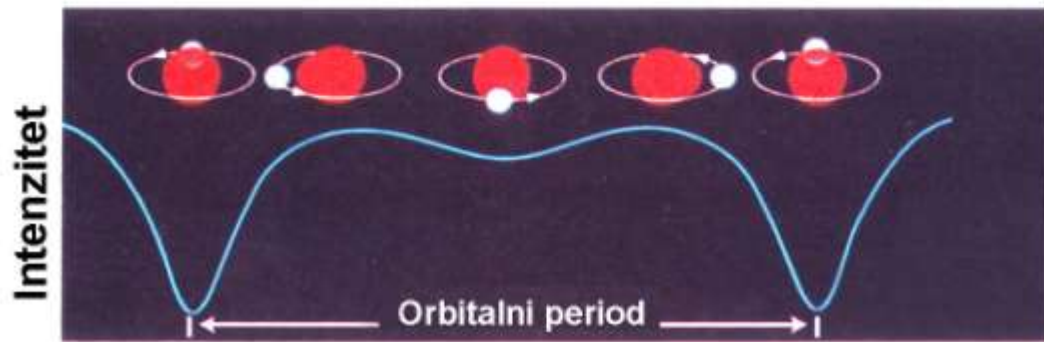
Parcijalna eklipsa

Vreme



Totalna eklipsa

Vreme

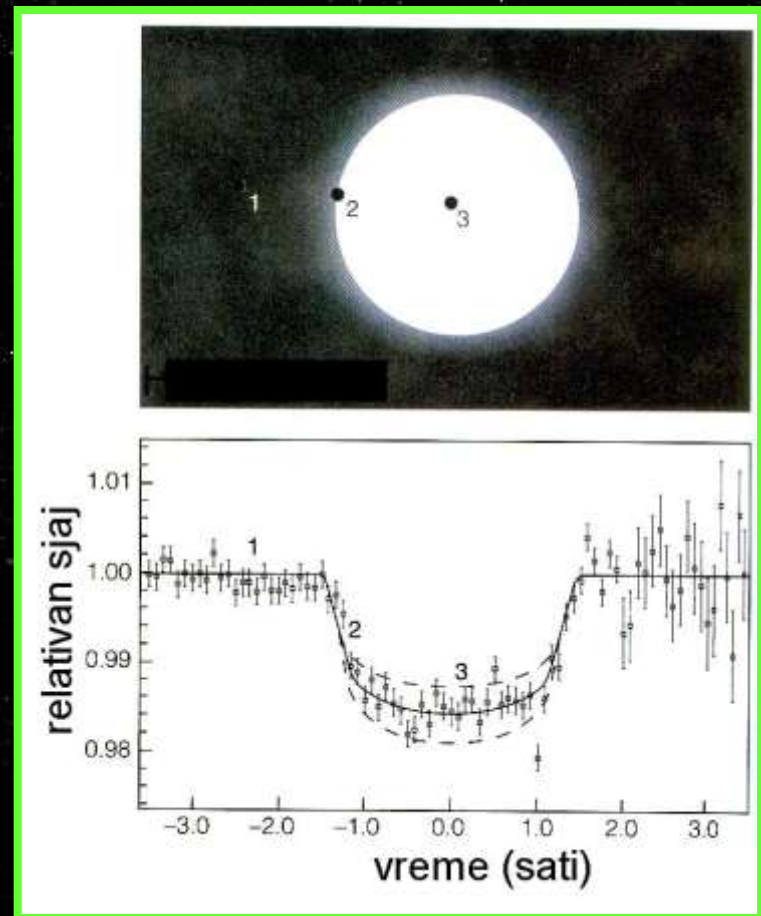
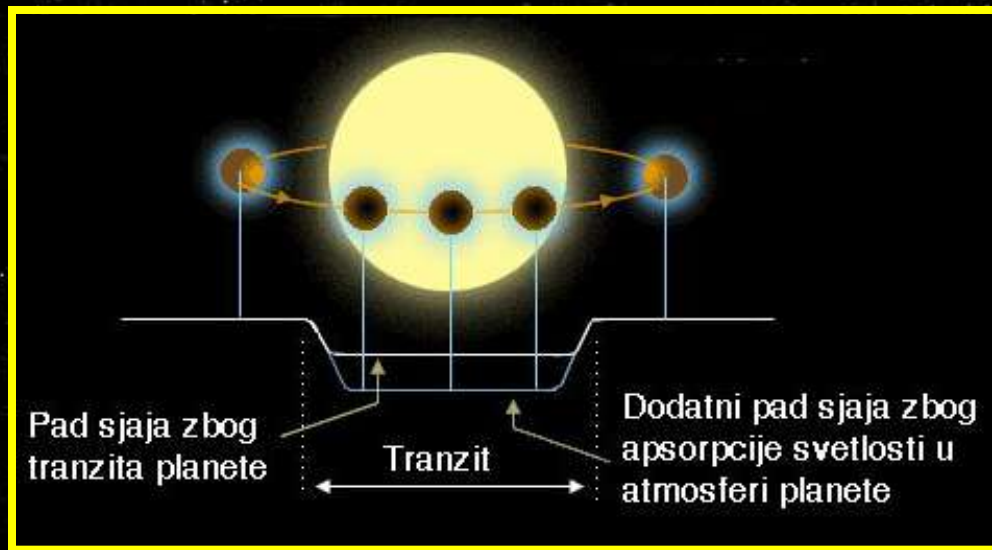


Plimska distorzija

Vreme

Prilikom primene ove metode treba utvrditi da li postoji stalna i periodična promena sjaja zvezde. Ove promene su najčešće male (0.1% do 1%), ali to zavisi od veličine planete, njene udaljenosti od zvezde, itd.

Pomoću ove metode prvi put je otkrivena atmosfera jedne ekstrasolarne planete. Radilo se o planeti HD 209 458 u sazvežđu Pegaz. Planeta je dobila ime Oziris. Zbog postojanja Atmosfere, prilikom njene tranzicije preko zvezdanog diska, pad sjaja zvezde nije bio oštar, a i javilo se dodatno slabljenje sjaja zbog apsorpcije zračenja u atmosferi planete.



Oziris je detektovan 1999. godine. Udaljen je oko 150 sg. Kruži oko zvezde na 7 miliona km, sa periodom od 3.5 dana. Masa planete je oko 0.7 mase Jupitera, ali joj je prečnik za 30% veći od Jupiterovog. U atmosferi je detektovan vodonik, kiseonik i ugljen–dioksid, koji u ogromnim količinama isparavaju iz unutrašnjosti.



Atmosfera Ozirisa ima oblik ragbi lopte. Njeni molekuli brzo se kreću i u mlazevima šikljaju iz vrele unutrašnjosti ("eksplozivno stvaranje atmosfere"). Planeta spada u grupu "Tonian", u gasne džinove od kojih je ostalo samo jezgro. Možda su primarne atmosfere terestričkih planeta nastale na takav način, dok njihove današnje, sekundarne, atmosfere predstavljaju posledice udara kometa i metorita.

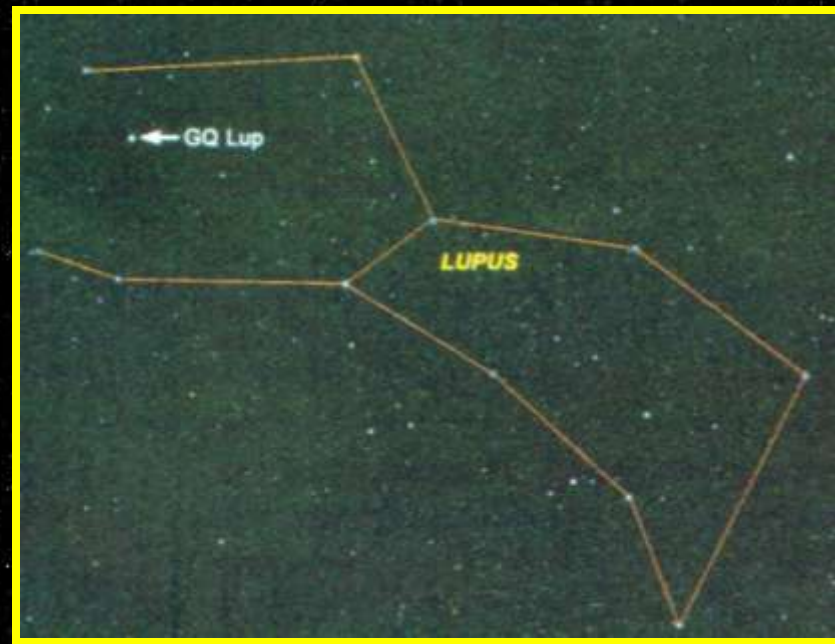
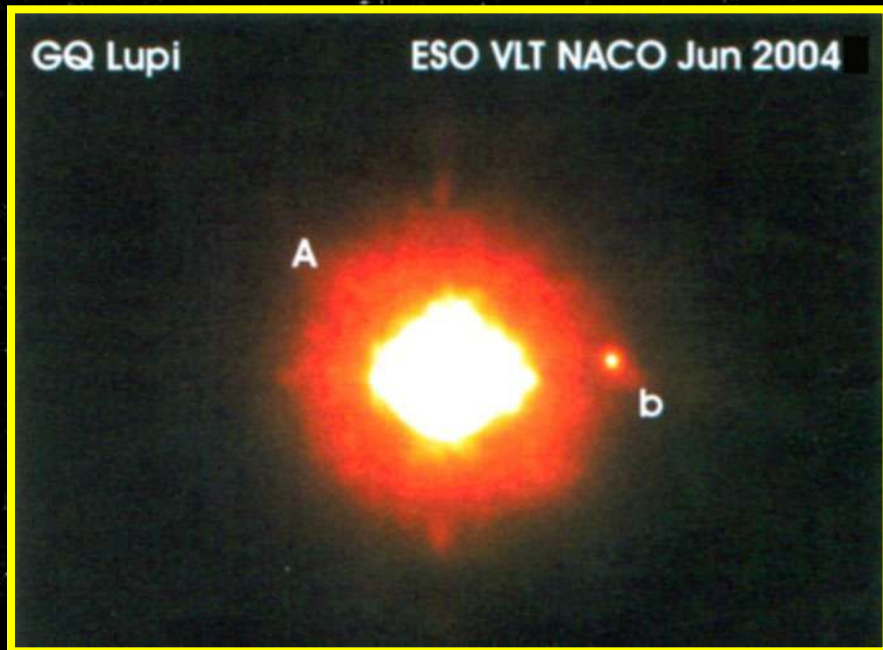


4. Metoda direktnog snimanja

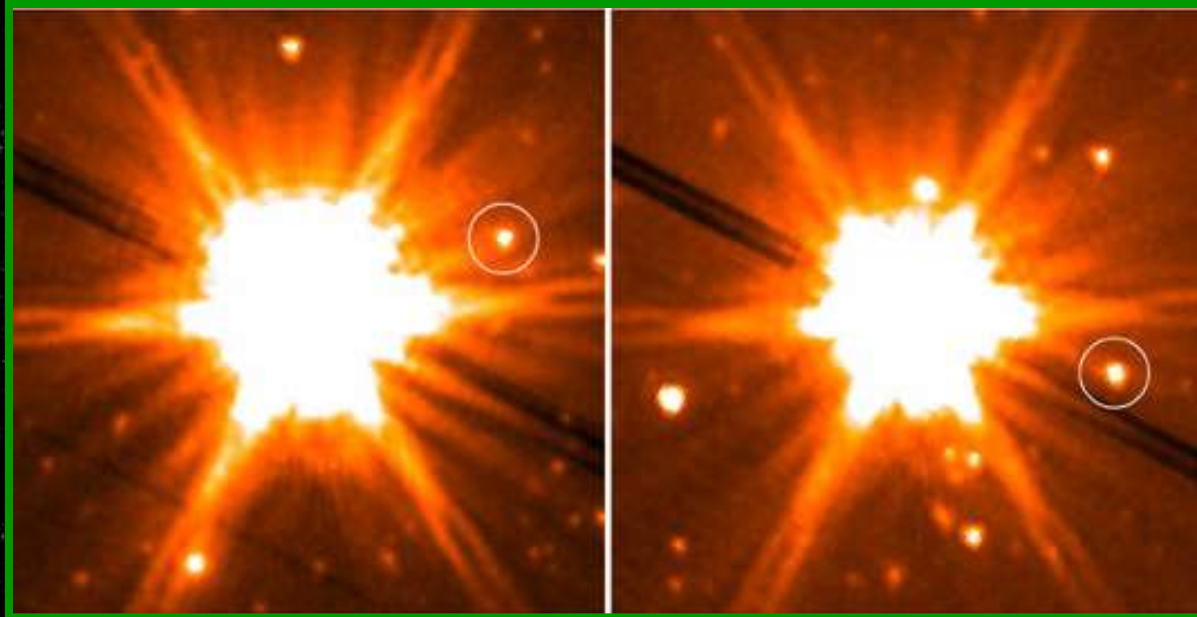
Zasniva se na osobini da planete reflektuju svetlost matične zvezde. Metoda se koristi za otkrivanje ekstremno velikih planeta. Ovom metodom je neposredno snimljena prva ekstrasolarna planeta, koja orbitira oko zvezde GQ Lupi.



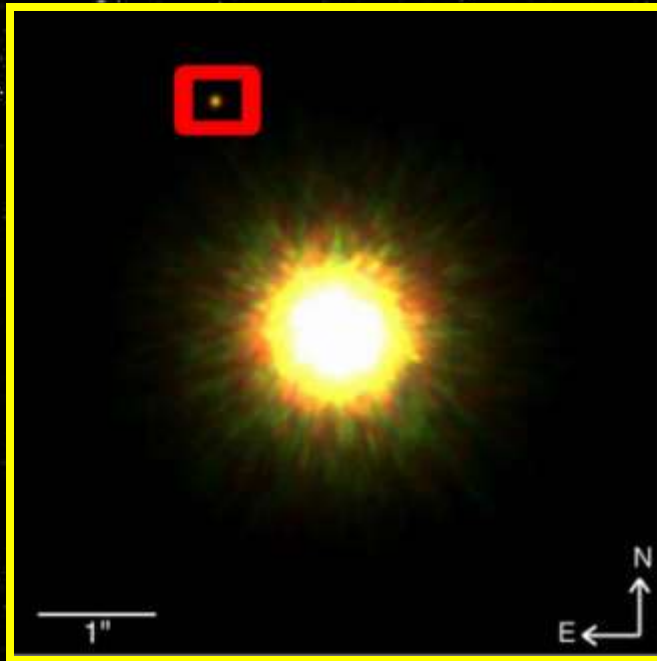
Reč je o planeti jedne mlade zvezde (starost 1–2 milijarde godina). Masa zvezde je manja od Sunčeve (70%). Planeta je od zvezde udaljena oko 100 AU, a period revolucije joj je oko 1200 g. Njena temperatura je oko 2000 K. Radi se o mladoj planeti koja se još nije ohladila nakon formiranja. Dvostruko je većeg prečnika od Jupiterovog. Sjaj joj je oko 250 puta slabiji od sjaja zvezde. U spektru su joj uočene linije vode i ugljen–monoksida.



Planeta je snimljena korišćenjem adaptivne optike 8.2 metarskog teleskopa u Čileu. Radi se o optički prilagodljivom teleskopu kojim se kompjuterski vođenom malom savitljivom ogledalu u deliću sekunde kompenzuju nehomogenosti u Zemljinoj atmosferi. Nekoliko godina pre objavljivanja snimka ovaj planetarni sistem je praćen, da bi se videlo da li se radi o gravitaciono vezanim ili o objektima koji se nalaze u istoj vizuri.



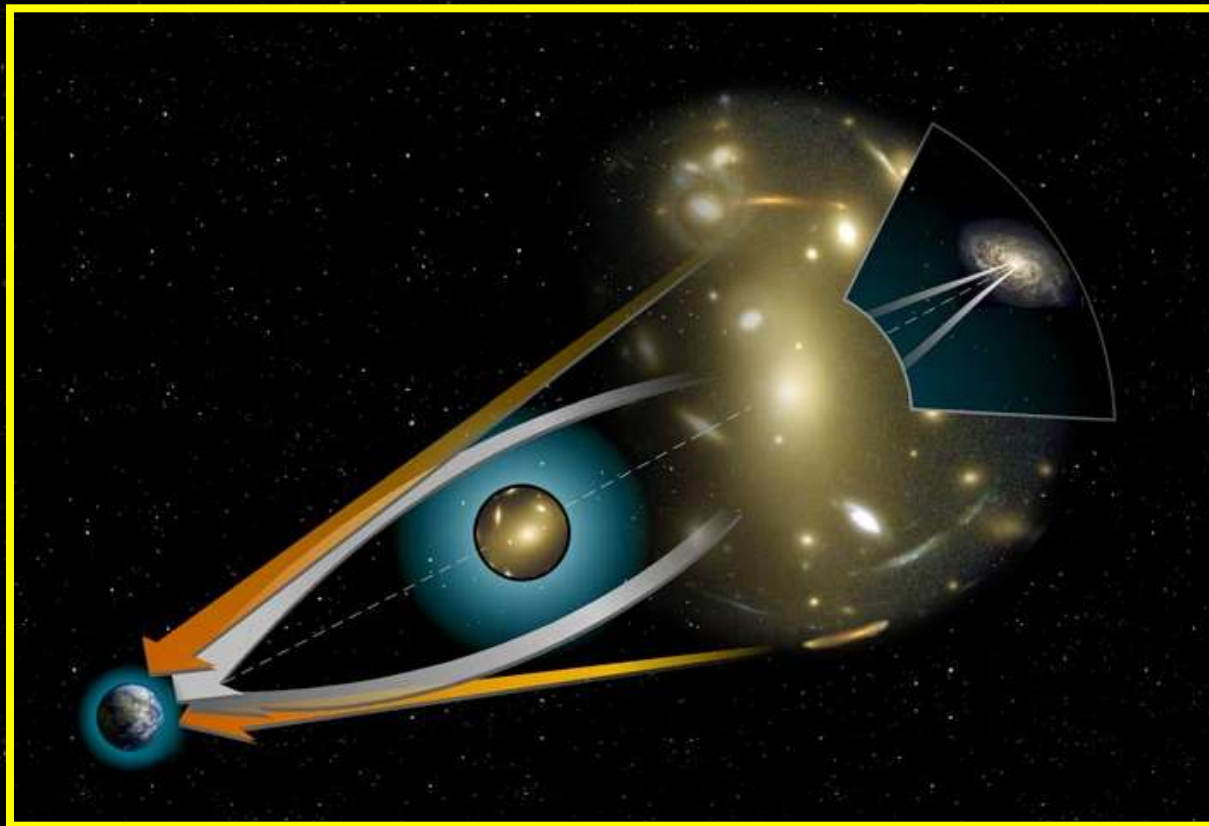
Teleskopom sa adaptivnom optikom na Mauna Kei, 2008. godine, astronomi sa Univerziteta u Torontu direktno su snimili planetu koja rotira oko zvezde slične Suncu, od nas udaljene oko 500 sg. Radi se o planeti koja je osam puta masivnija od Jupitera, ali je njegove veličine. Od matične zvezde udaljena je oko 330 astronomskih jedinica, a temperatura na njenoj površini je oko 1500°C. U njenoj atmosferi otkriveni su tragovi vode i ugljen monoksida. Po svemu sudeći, radi se o gasovitom džinu.



Radi se o mladoj planeti, čija je zvezda nastala, verovatno, tek pre oko 4.5 miliona godina.

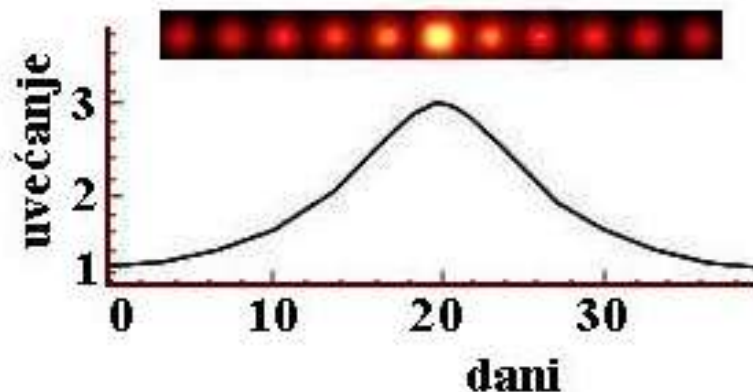
5. Metoda gravitacionih sočiva

Metoda je povezana sa pojavom "savijanja" svetlosti, prilikom prolaska pored masivnih kosmičkih objekata (zvezda, kada se govori o mikro-gravitacionim, ili galaksija, što odgovara makro-gravitacionim sočivima). Da bi se ovim efektom video dalji objekt neophodno je da se nađe na liniji sa Zemljom i objektom-sočivom.

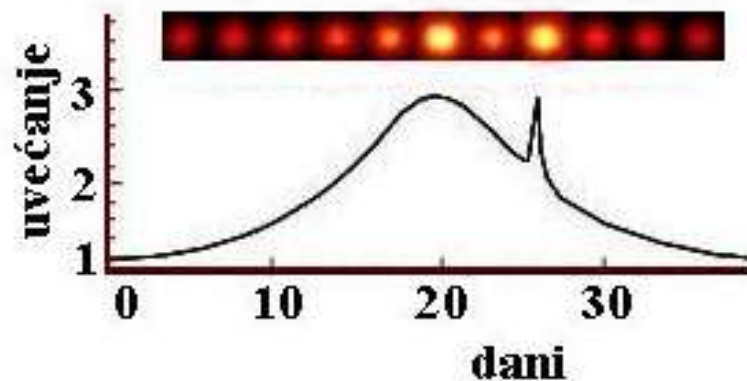


Kako se gravitaciona sočiva ponašaju analogno optičkim sabirnim sočivima, to se kod pozadinskih zvezda, čija se svetlost savija pri prolasku pored "sočiva" uočavaju se veliki i jasno izraženi pikovi, ukoliko one poseduju pratioce. Efekti su izraženiji, ako se radi o većim planetama.

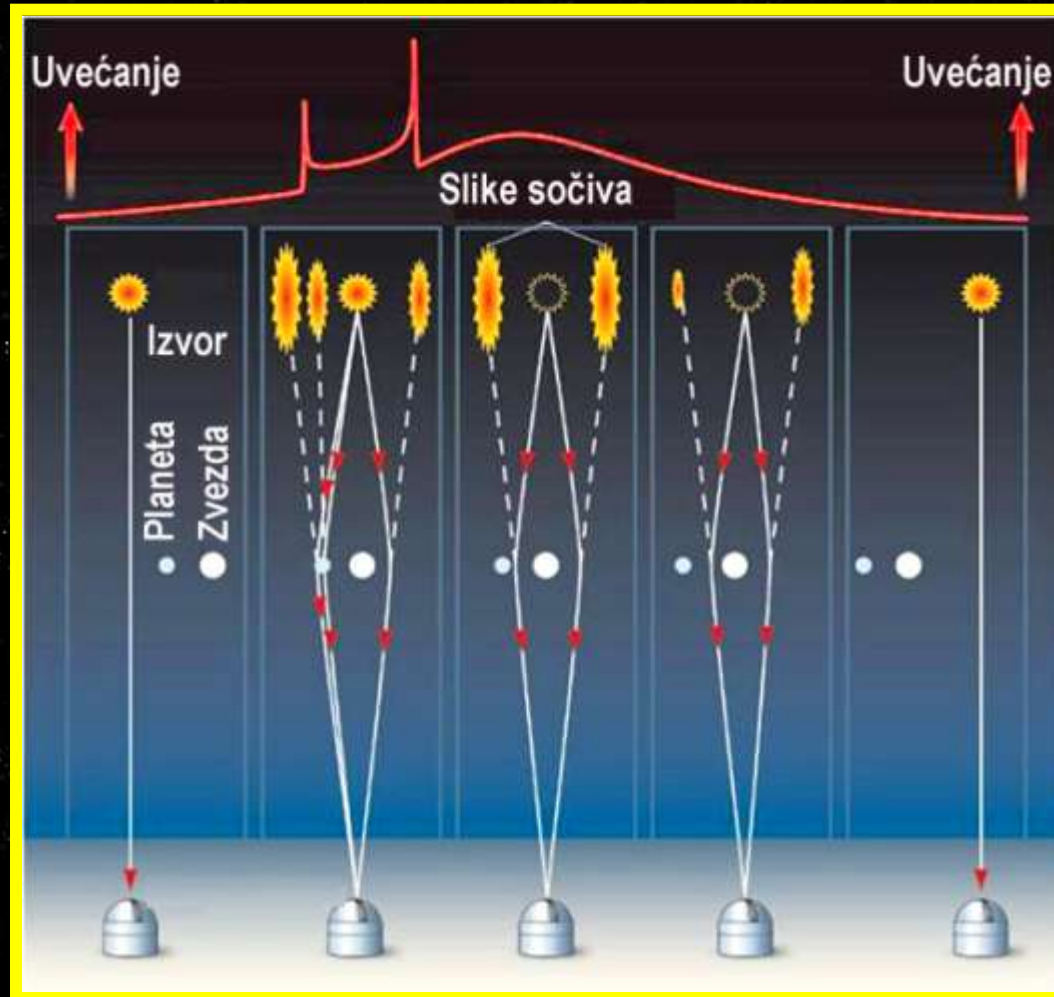
Uvećanje zvezde bez pratioca



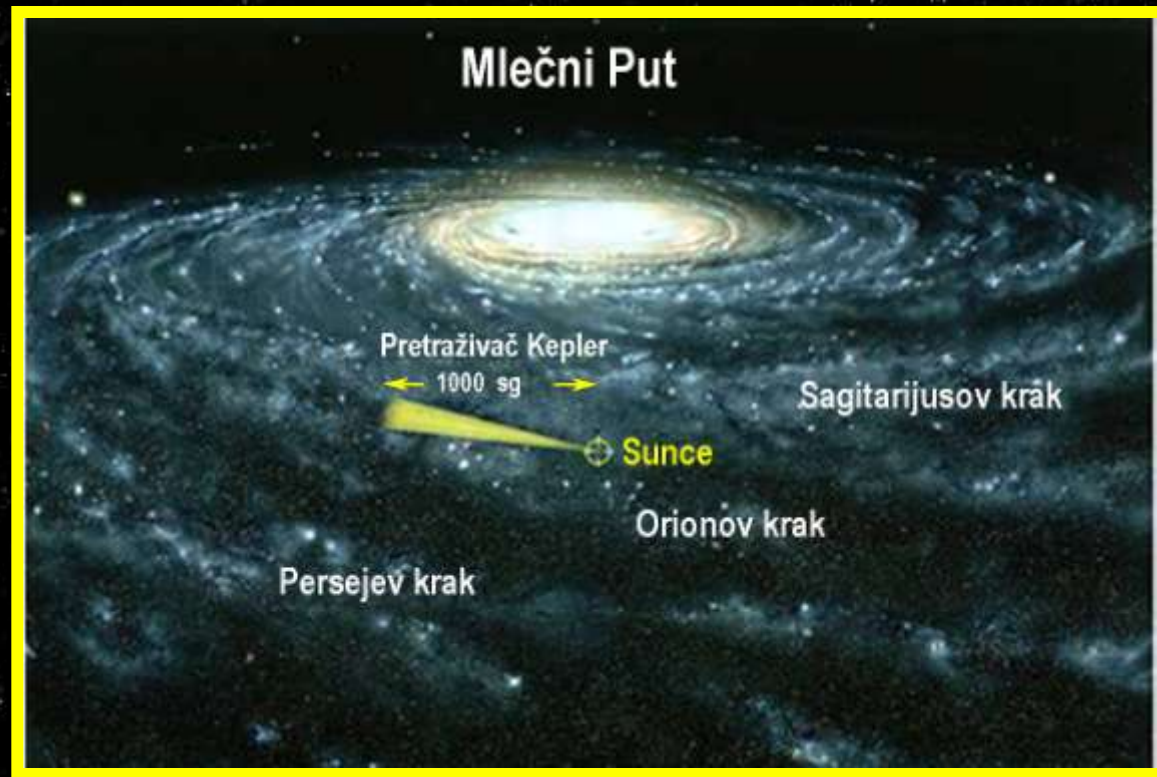
Uvećanje zvezde sa pratiocem



Negativna strana metode je da je, posle završetka procesa, vrlo teško nastavljjanje praćenja sistema, koji se u procesu ponašao kao mikrosočivo. Posmatranje ovom metodom najčešće se vrši robotski upravljanim teleskopom.

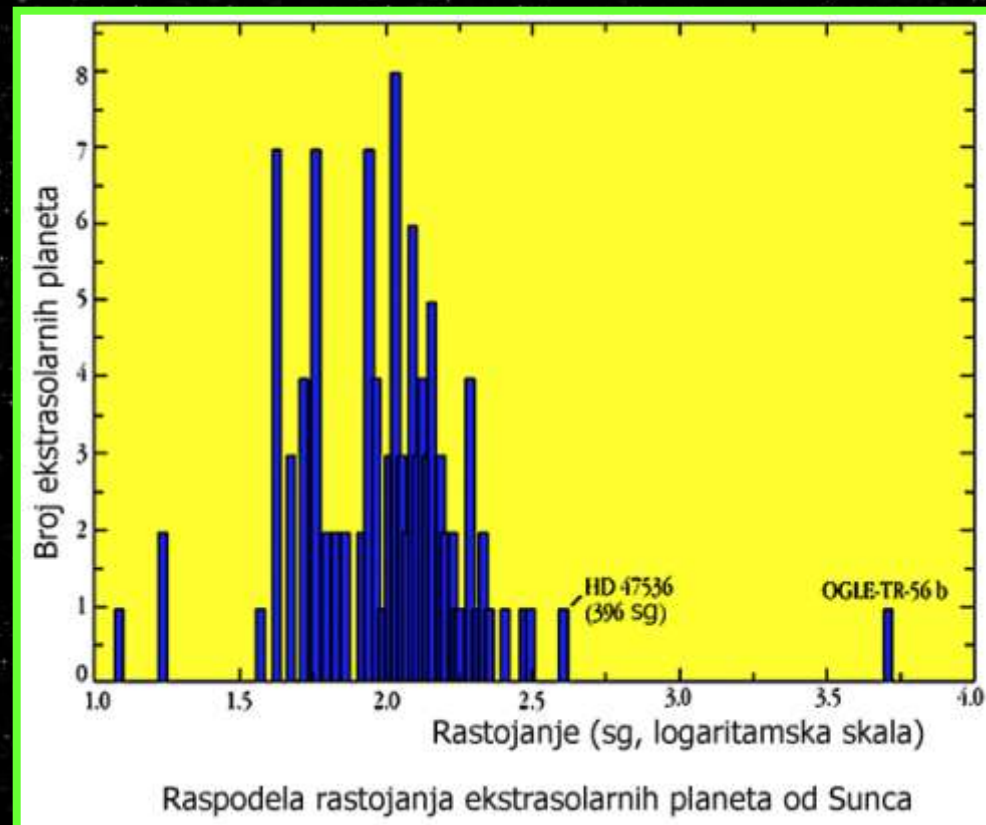
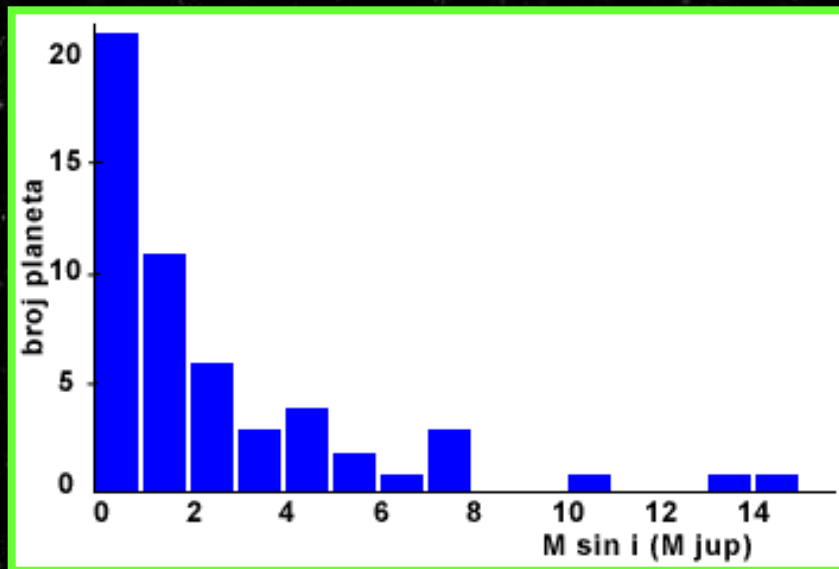


Po svemu sudeći, u ne tako dalekoj budućnosti, za detekciju ekstrasolarnih planeta koristiće se i npr.: metoda posmatranja iz svemira (takva će biti NASA-ina misija Kepler, koja će koristiti tranzitni metod za skeniranje sto hiljada zvezda u sazvežđu Labud) ili polarimetrijska metoda, u kojoj će se tragati za onim zvezdama sa kojih dolazi polarizovano zračenje, nastalo zbog refleksije na molekulima u atmosferama planeta, itd.



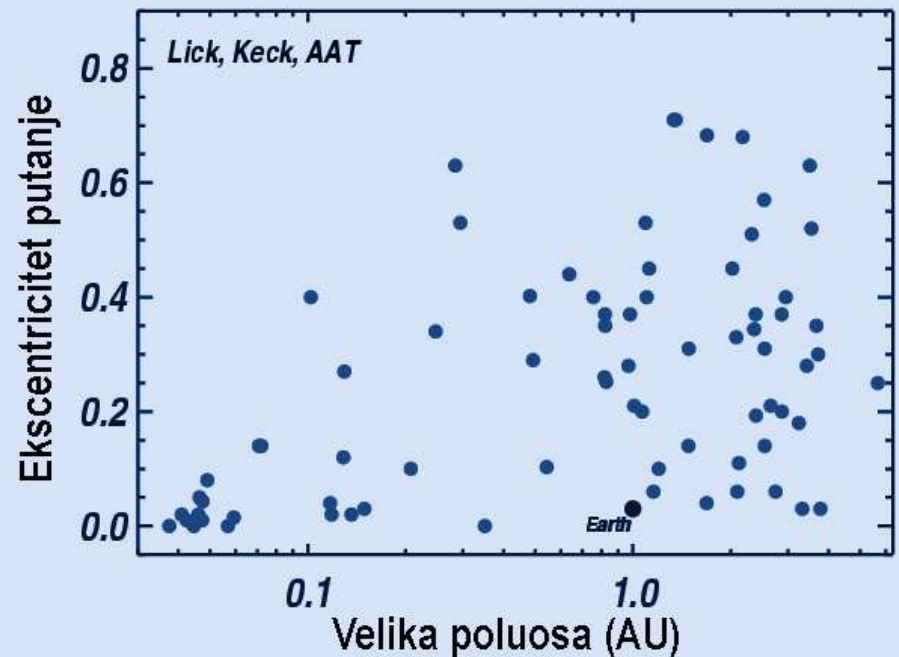
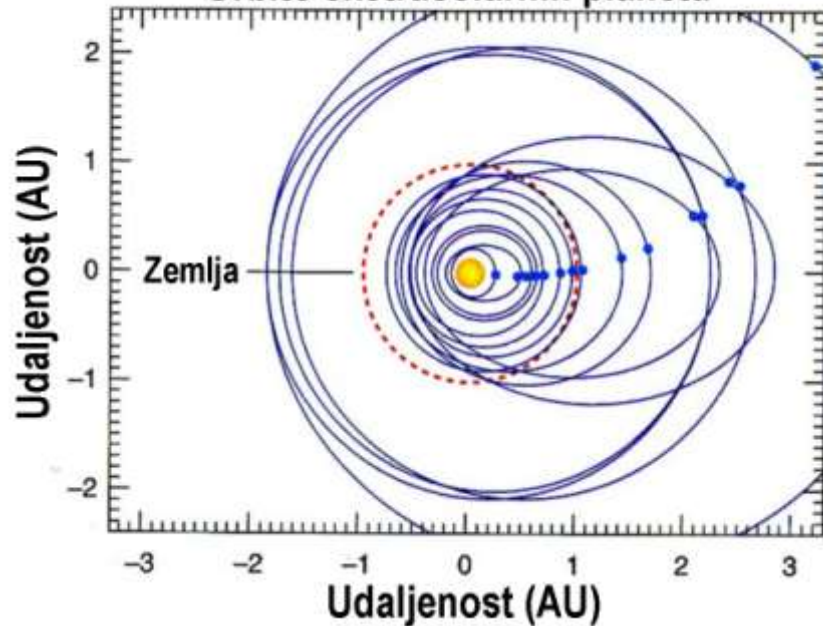
Opšte karakteristike detektovanih ekstrasolarnih planeta

Najveći broj detektovanih ekstrasolarnih planeta (oko 90%) su gasoviti džinovi, koji orbitiraju blizu matične zvezde. To ih čini vrelim i sasvim neobičnim za naše "solarne" pojmove.



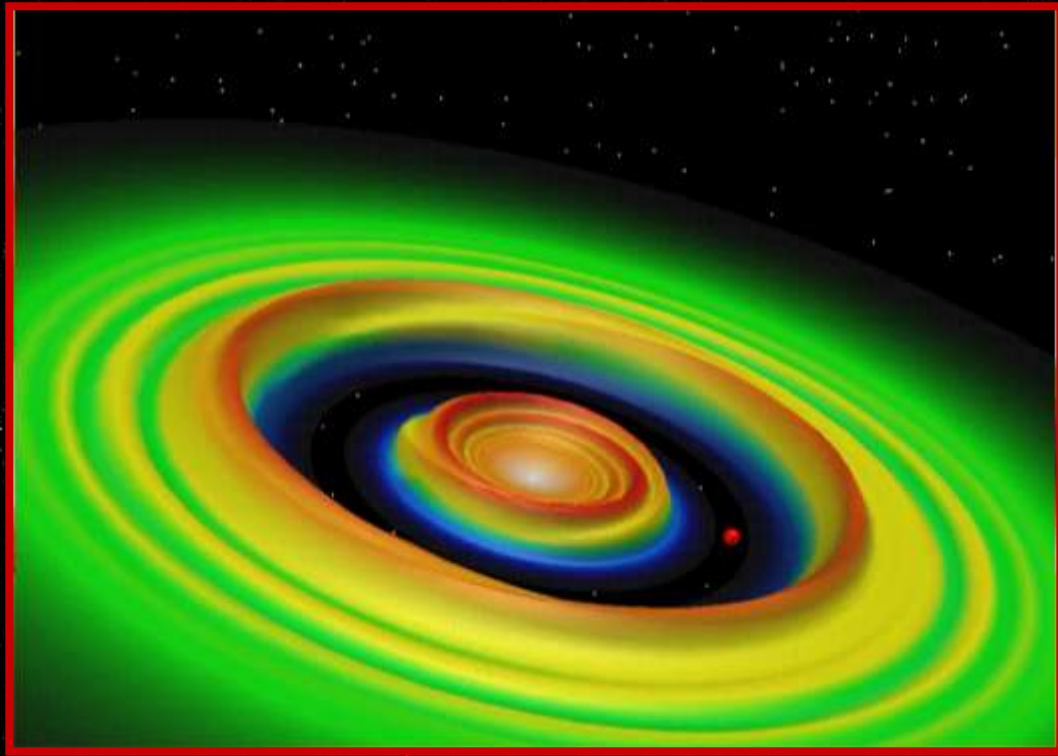
Veliki broj detektovanih planeta ima vrlo izdužene putanje, što je verovatno posledica njihove interakcije sa drugim pratiocima zvezde. Zbog takvih putanja, t-re pri rotaciji oko zvezde vrlo su kolebljive. To život na njima čini malo verovatnim. Simulacije pokazuju da je prisustvo vode na planetama Zemljinog tipa uslovljeno postojanjem spoljašnje džinovske planete. Pri tome, što je orbita spoljašnje planete izduženija, to je unutrašnja planeta "suvlja". Jupiterova putanja je malog ekscentriciteta, što objašnjava prisustvo vode na Zemlji.

Orbite ekstrasolarnih planeta



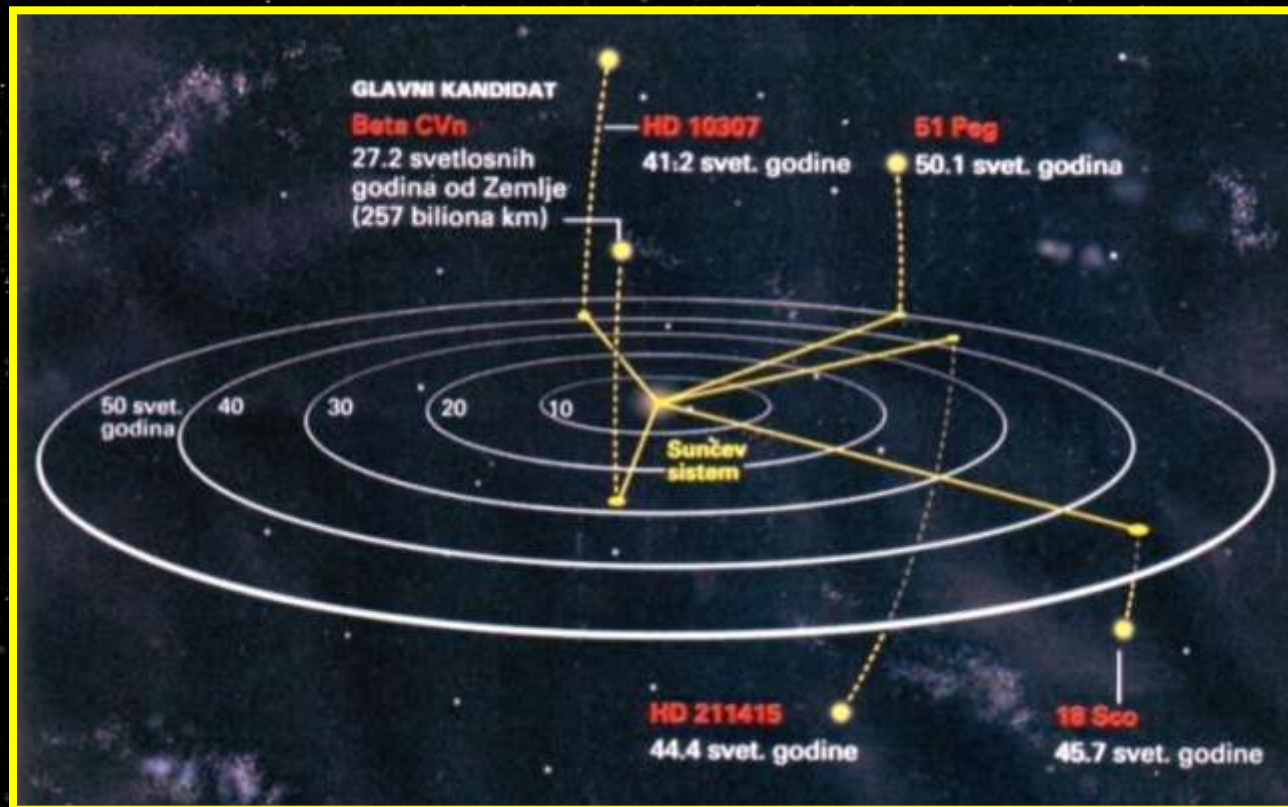
Kompjuterske simulacije i planetološki teorijski modeli pokazuju da planete jovijanskog tipa ne mogu da se formiraju u blizini zvezde. Tu su temperature visoke, što onemogućuje kondenzaciju, a i nema dovoljno teških elemenata (u astronomiji se pod metalima podrazumevaju svi elementi teži od litijuma), da bi se formiralo jezgro mase reda veličine 10 masa Zemlje. Osim toga, tu bi takve planete morale da se formiraju vrlo brzo (za manje od 3 miliona godina). Najverovatnije je da su one tu dospеле sa veće udaljenosti, radijalnom migracijom ili pod delovanjem drugih planeta.



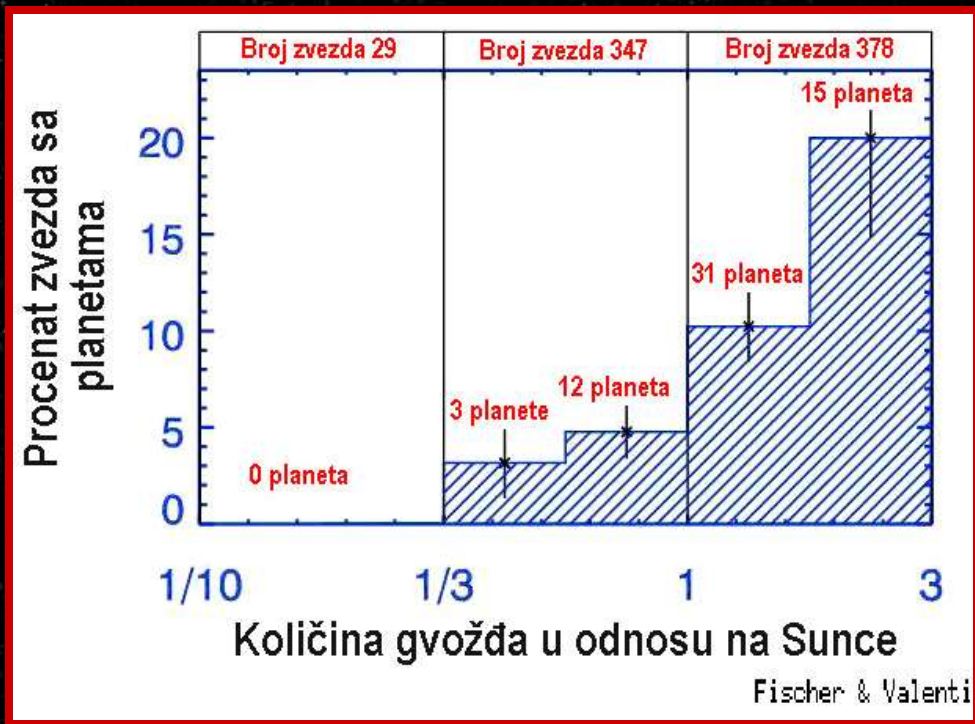


Neke od njih "padaju" u zvezdu. Na to ukazuje prisustvo ${}^6\text{Li}$ u spektrima zvezda. On nestaje u poslednjoj fazi nastanka zvezde, pri t -rama od 16 miliona stepeni. Njegovo prisustvo znači da je on dospeo u zvezdu uvlačenjem planetarnog materijala.

Od posebnog je interesa traganje za planetama koje su slične Zemlji i koje su oko zvezda sličnih Suncu. Interesantno je da su takve planete malo verovatne u eliptičkim galaksijama. One se uglavnom sastoje od starih zvezda Populacije II, koje nemaju teže elemente (metale), neophodne za formiranje planeta Zemljinog tipa. Oko ovih zvezda verovatniji su gasni džinovi. Planete Zemljinog tipa moguće su kod spiralnih galaksija.

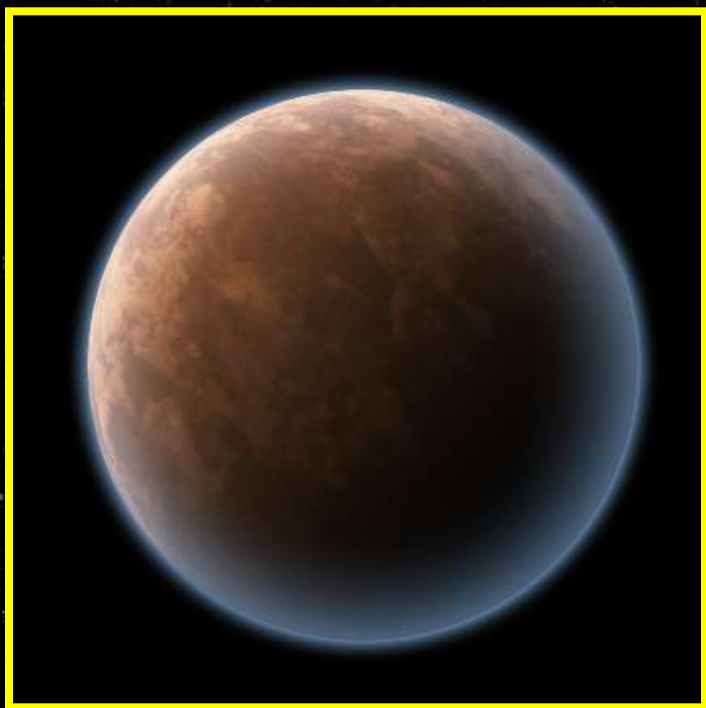


Planete Zemljinog tipa se mogu očekivati oko zvezda visoke metaličnosti.



Prva otkrivena stenovita planeta (Zemljinog tipa) orbitira oko zvezde Gliese 876 udaljene 15 sg. Detektovana je juna 2005. Duplo je veća od Zemlje i ima 8 puta veću masu od nje. Oko ove zvezde ranije su otkrivene i dve džinovske gasovite planeta.

Neki sistemi mogu da sadrže "super Zemlje" – stenovite planete nekoliko puta veće mase od Zemljine. One mogu da se jave oko crvenih patuljaka, čija je masa upola manja od mase Sunca. Njihova "površinska" temperatura (4800–2500 K) je niža od Sunčeve, pa ove zvezde ne mogu da zadrže lake gasove od kojih se formiraju gasni džinovi, a preostali teži elementi imaju dovoljno vremena da formiraju stenovite planete.



Od 300 najbližih zvezda, oko 230 su crveni patuljci, a analize pokazuju da u našoj Galaksiji oko 69% zvezda pripada ovom tipu.

Pratioci crvenih patuljaka imaju niže temperature. Kako su blizu zvezde, zbog plimskih efekata, okreću im isto "lice". Debele atmosfere (omogućene nižim t-rama) bi toplotnom inercijom omogućile jednolične atmosfere na celoj planeti.

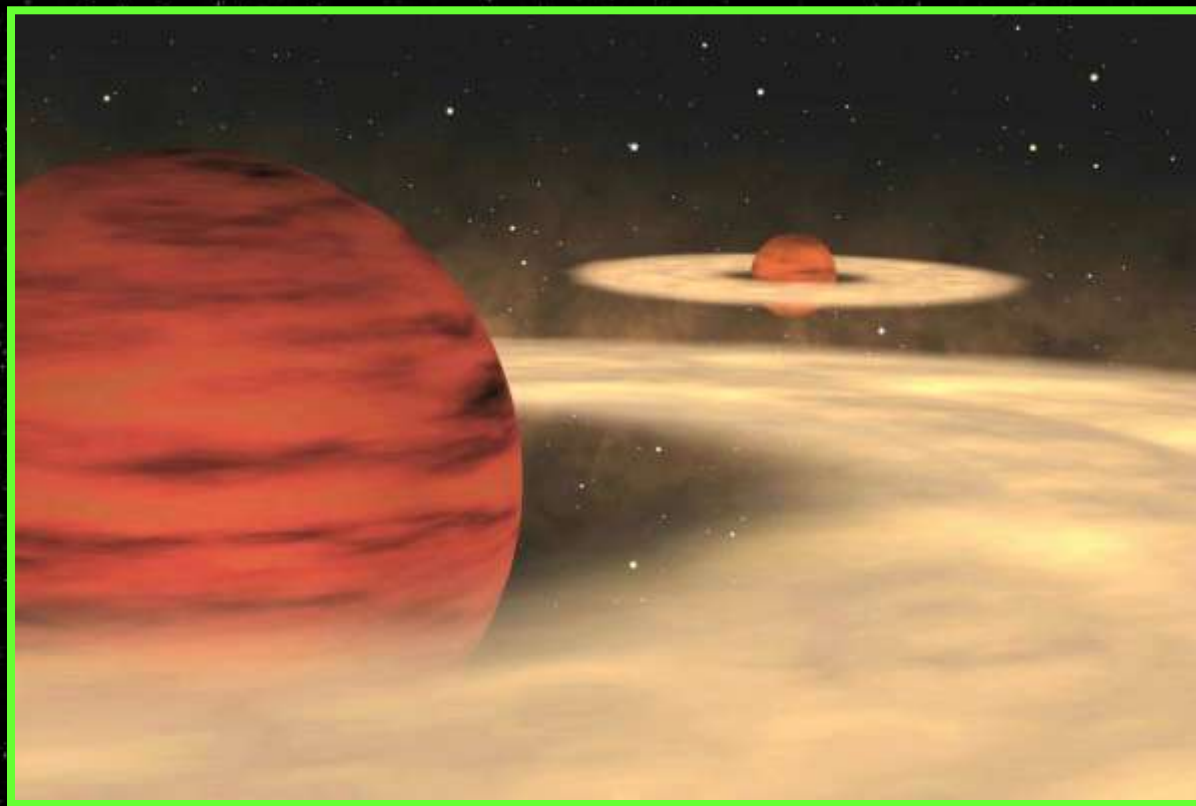


Džinovske planete oko ovih zvezda prilikom migracija ostavljaju za sobom dovoljne količine prašine da se od njih naknadno oblikuju planete slične Zemlji.

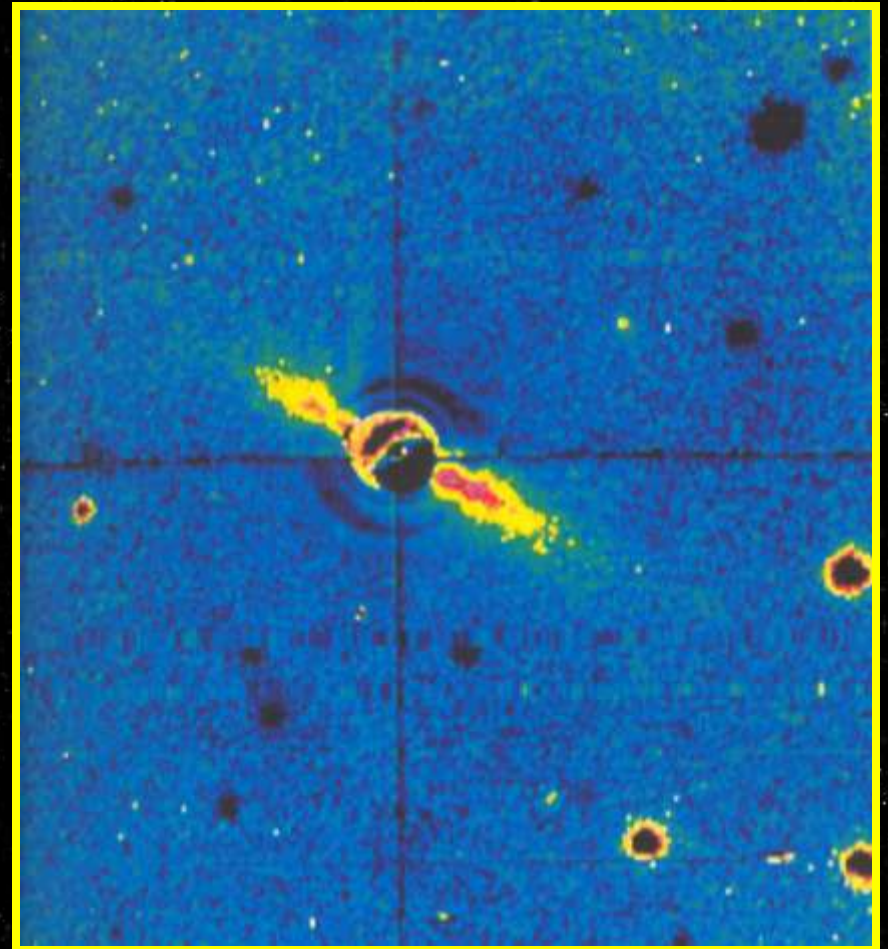
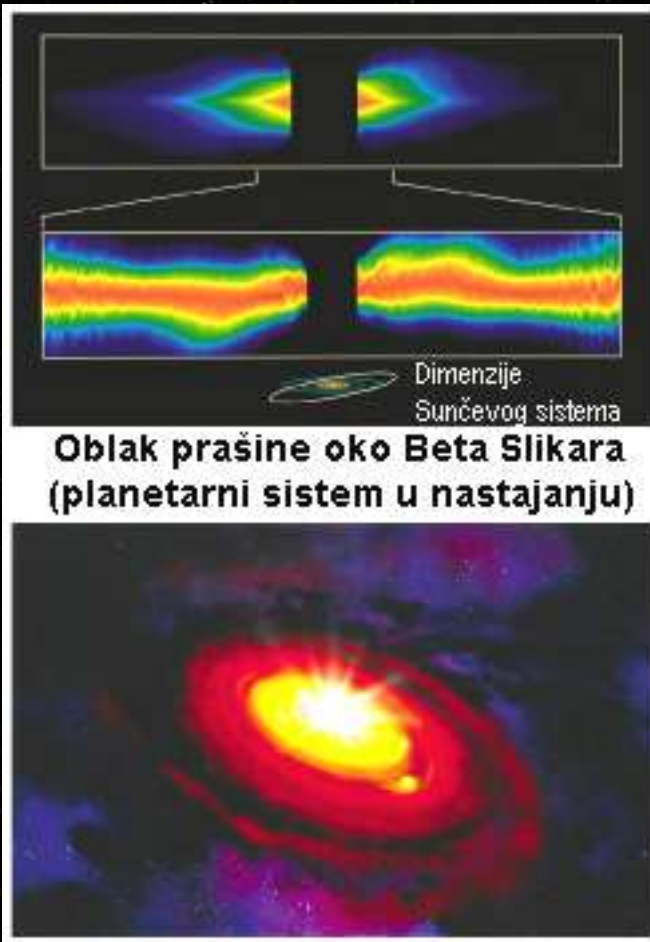


U sistemima ovih zvezda, kada bi se džinovske planete primakle zvezdi, mogla bi da nastupi situacija da komete sa periferije sistema mogu slobodno da se kreću. Pri njihovom padu na Zemljolike planete, formirao bi se vodeni omotač, a onda... Kiseonik i azot dioksid na njima ukazivao bi na postojanje života.

*Otkriveni su i **planemosi** – planetoliki objekti koji orbitiraju jedan oko drugog, a ne oko matične zvezde. Radi se o mladim nebeskim telima, starim nekoliko miliona godina. Udaljeni su oko 400 sg i nalaze se u Zmijonoši.*



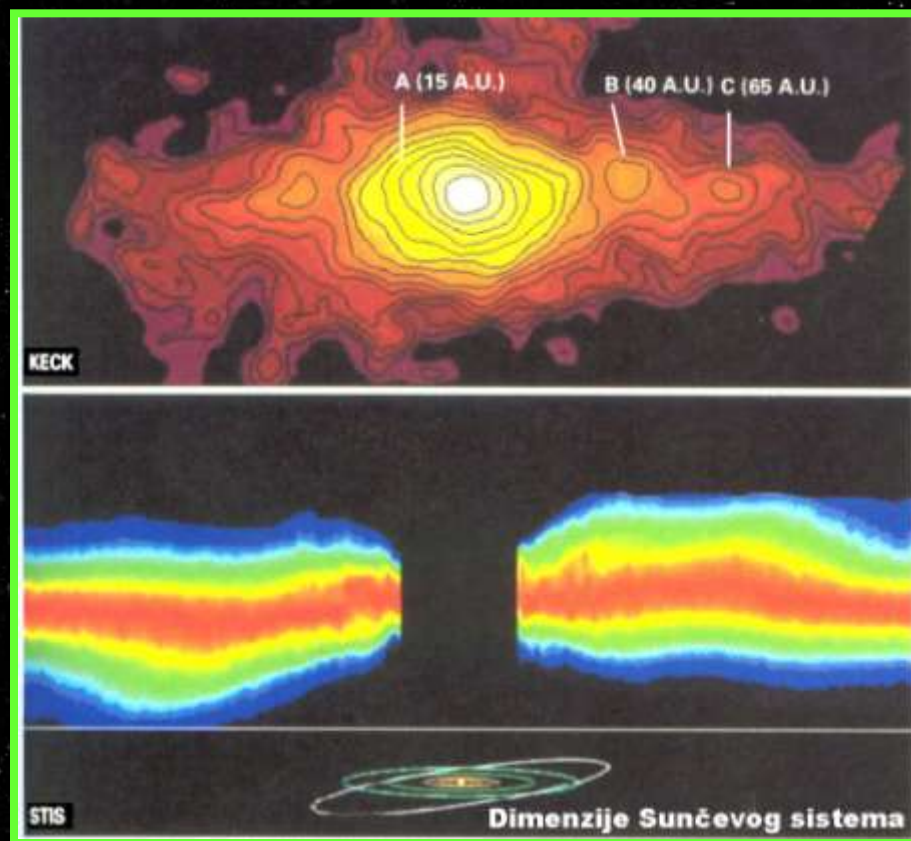
Traganje za ekstrasolarnim planetama omogućilo je i detekciju protoplanetnih oblaka u kojima je počeo proces stvaranja planeta. Njihova detekcija je otežana jer su male luminoznosti. Zračenje zvezde zagreva prašinu u njima i oni reemituju IC zračenje.



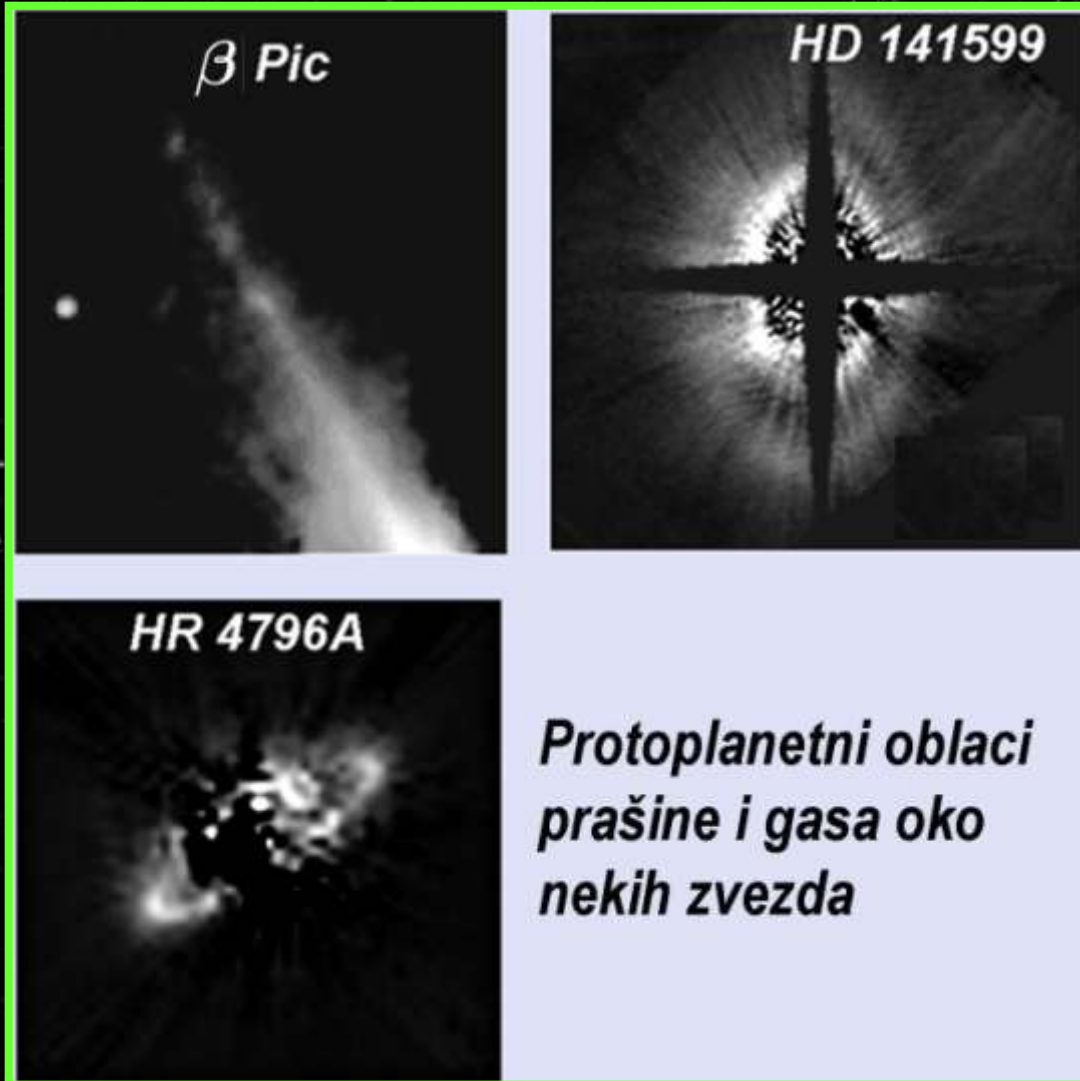
Spicer svemirski teleskop, je trenutno teleskop sa najmoćnijom tehnologijom za detekciju infracrvenog zračenja. Pomoću njega i Hablovog svemirskog teleskopa, za sada, su otkriveni diskovi prašine kod više od 15% zvezda sličnih Suncu. Konture u disku prašine mogu ukazati na postojanje planeta.



Među najpoznatijim je oblak prašine oko zvezde Beta Piktoris, koji je udaljen oko 60 sg. Zvezdu okružuje relativno tanak disk, prečnika između 100 i 1000 AU. Masa diska je manja od 100 masa Zemlje. Sadrži dosta jedinjenja gvožđa, magnezijuma i silikata. Gotovo da nema gasove. U disku se uočavaju nehomogenosti i nesimetričnosti. To upućuje da u njemu postoje planete ili su one u procesu stvaranja.



Uočeni su diskovi prašine i oko nekih drugih zvezda.



Istraživanje Spicerovim teleskopom, detekcijom IC zračenja oblaka prašine oko zvezda sličnih Suncu, pokazuje da se kod 20–60% zvezda sličnih Suncu mogu formirati stenovite planete slične Zemlji. Oko 20% zvezda iz četiri najmlađe grupe analiziranih zvezda ima vruću prašinu u svojoj blizini. To odgovara teorijskim modelima Sunčevog sistema po kojima je Zemlja nastala u sudarima manjih fragmenata tokom 10 do 50 miliona godina.

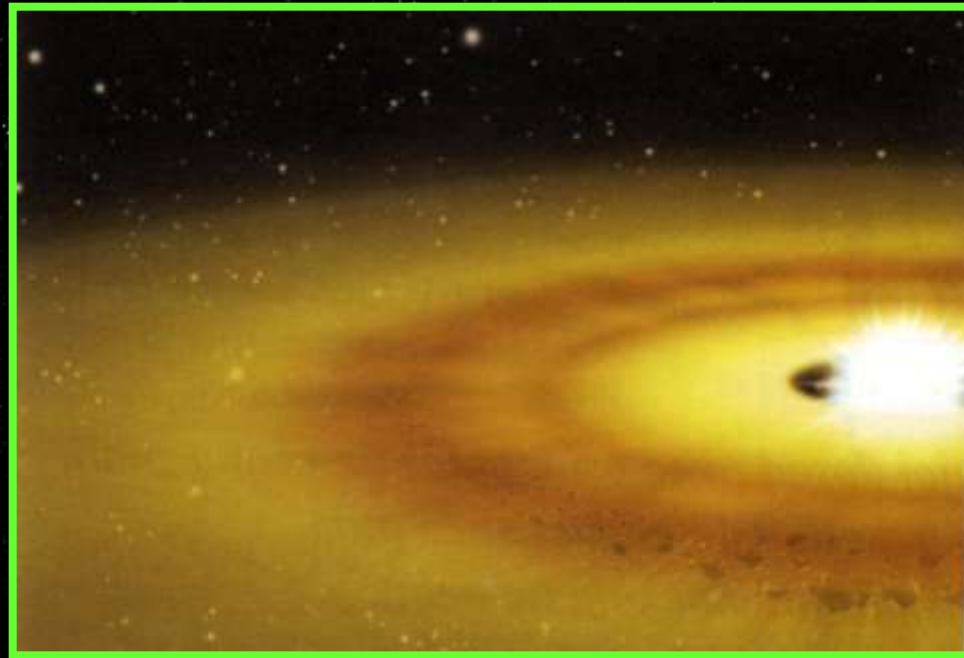


Oko zvezde HD 69830, koja je udaljena oko 41 sg, otkriven je asteroidni pojas. On sadrži oko 25 puta više mase od asteroidnog pojasa u Sunčevom sistemu. Postoje mišljenja da se možda radi o kometi veličine Plutona, koja obilazeći oko zvezde "isparava".



Traganje za ekstrasolarnim sistemima proširila su saznanja o procesu stvaranja planeta. Otvorila su i mnoga pitanja, na koje još uvek ne možemo da damo prave odgovore.

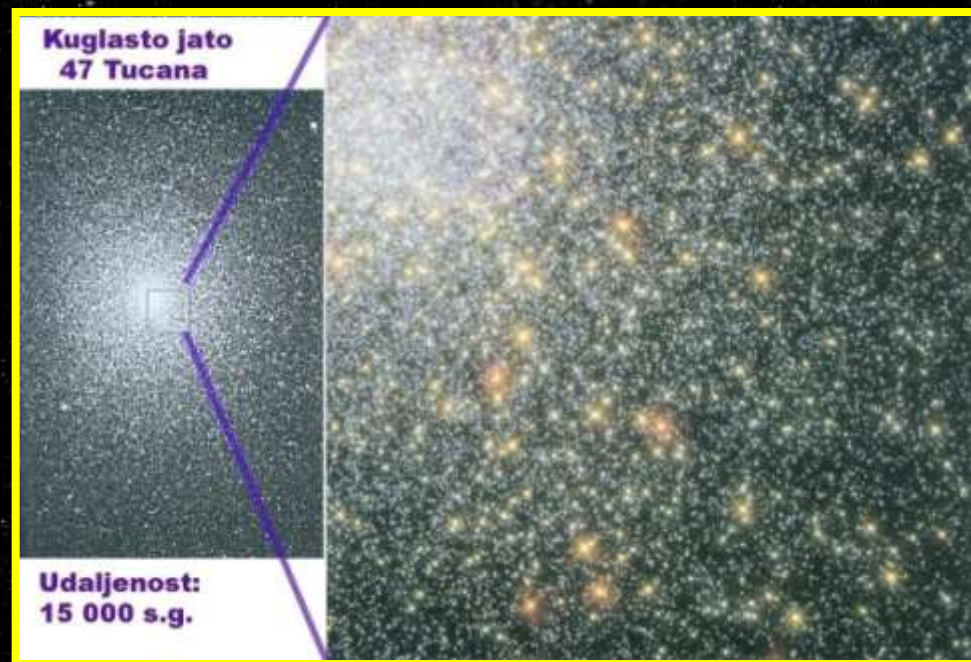
Bez obzira na nepojmljivo veliki broj zvezda, novija istraživanja pokazuju da zvezde moraju da "žive" u mirnom okruženju da bi se oko njih mogle da formiraju planete. "Spicer" je otkrio da snažan fluks UV zračenja i stelarni vetar zvezda spektralne klase O mogu da "oduvaju" protoplanetarne oblake oko susednih zvezda sličnih Suncu.



*Radi se o procesu foto-
isparavanja, kada zračenje sa O
zvezde zagreva disk koji
okružuje blisku zvezdu. Prašina
i gas u disku prosto
proključaju, a fotonski blesak sa
O zvezde ih oduvava. Pojava je
analogna procesu formiranja
repora kod kometa.*



“Habl” je u pravcu centralnog dela Galaksije, u prostornom uglu od samo 2% ugaone dimenzije Meseca, otkrio 16 kandidata za planetarne sisteme. To bi značilo da u Galaksiji ima najmanje šest milijardi planeta veličine Jupitera.



Planeta poput Zemlje ima verovatno nebrojeno mnogo.

Upravo u vreme pripreme ovog predavanja (2007.) objavljena je vest da je oko crvenog patuljka Gliese, u sazvežđu Vage, otkrivena planeta **Gliese c**, koja, po svemu sudeći, vrlo podseća na Zemlju.

Crveni patuljci su najmanje 50 puta manjeg sjaja od Sunčevog i najbrojniji su u Galaksiji (oko 70% od ukupnog broja zvezda). Gliese je udaljena od nas 20.55 sg (spada među 100 najbližih zvezda). Masa joj je $0.31M_{Sun}$ a prečnik $0.38R_{Sun}$.

Oko ove zvezde orbitira nekoliko planeta. Gliese b je otkrivena 2005. g. Radi se o planeti Neptunovog tipa (masa $16M_{Zeml}$ sa periodom obilaska oko zvezde od 5.4 d.). Verovatno da je čitav planetarni sistem oko Gliese, migrirao ka zvezdi, zbog interakcije sa protoplanetarnim oblakom gasa, prašine i planetezimala.



Gliese c orbitira oko zvezde sa periodom koji je kraći od 13 dana, a 14 puta je bliže zvezdi nego Zemlja Suncu. Pošto je površinska temperatura crvenih patuljaka niža od Sunčeve, Gliese c se nalazi u habitacionoj zoni i njena površinska temperatura je između -3 i 40°C . To znači da je moguće da na ovoj planeti postoji tečna voda. A onda... (ne smem ni da iskažem to na šta sam pomislio).

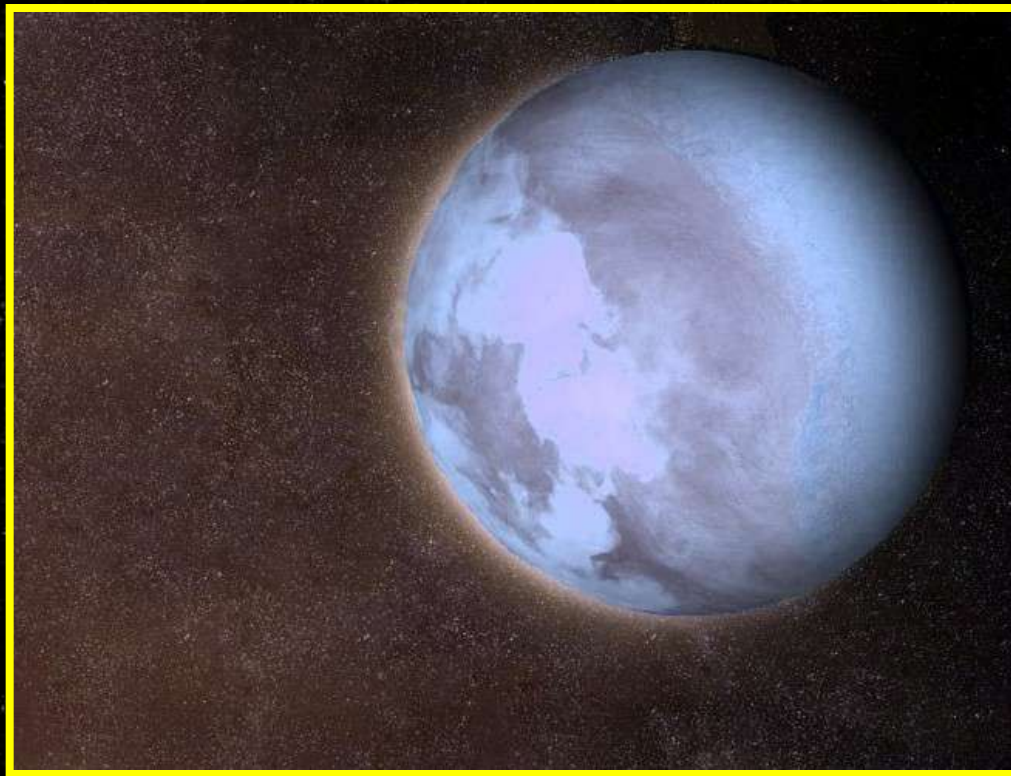
Mala udaljenost planete od zvezde može da dovede do "zakucavanja" njene rotacije (da je uvek isto lice okrenuto zvezdi), što je nepovoljno za nastanak života.

Ali ove planete mogu da imaju guste, termički inertne atmosfere, postojane okeane i klimu. S obzirom na dug "život" crvenih patuljaka tamo mogu da se formiraju složeniji oblici života.



Smatra se da oko Gliese orbitira i Gliese d, koja je 8 puta masivnija od Zemlje i sa periodom obilaska od 84 dana.

Gliese c otkrivena je pomoću trenutno najpreciznijeg spektrografa na svetu HARPS, koji je na 3.6 metarskom teleskopu u Evropskoj južnoj opservatoriji u Čileu. Rezolucija pri doplerovskom merenju radialnih brzina na ovom instrumentu je 1m/s.



Upravo je objavljena vest da je u okolini zvezde 55 Cancri (u sazvežđu Raka) otkrivena i peta planeta, po svojim osobinama slična Zemlji. Radi se o G8 zvezdi, udaljenoj 13.4 pc od nas. Masa joj 1.03 Sunčeve mase, stara je oko 5.5 milijardi godina, sa efektivnom temperaturom 5243°C. Novootkrivena planeta ima masu $0.144 M_{Jup}$ orbitalni period 260 dana i veliku poluosu 0.781 AU.

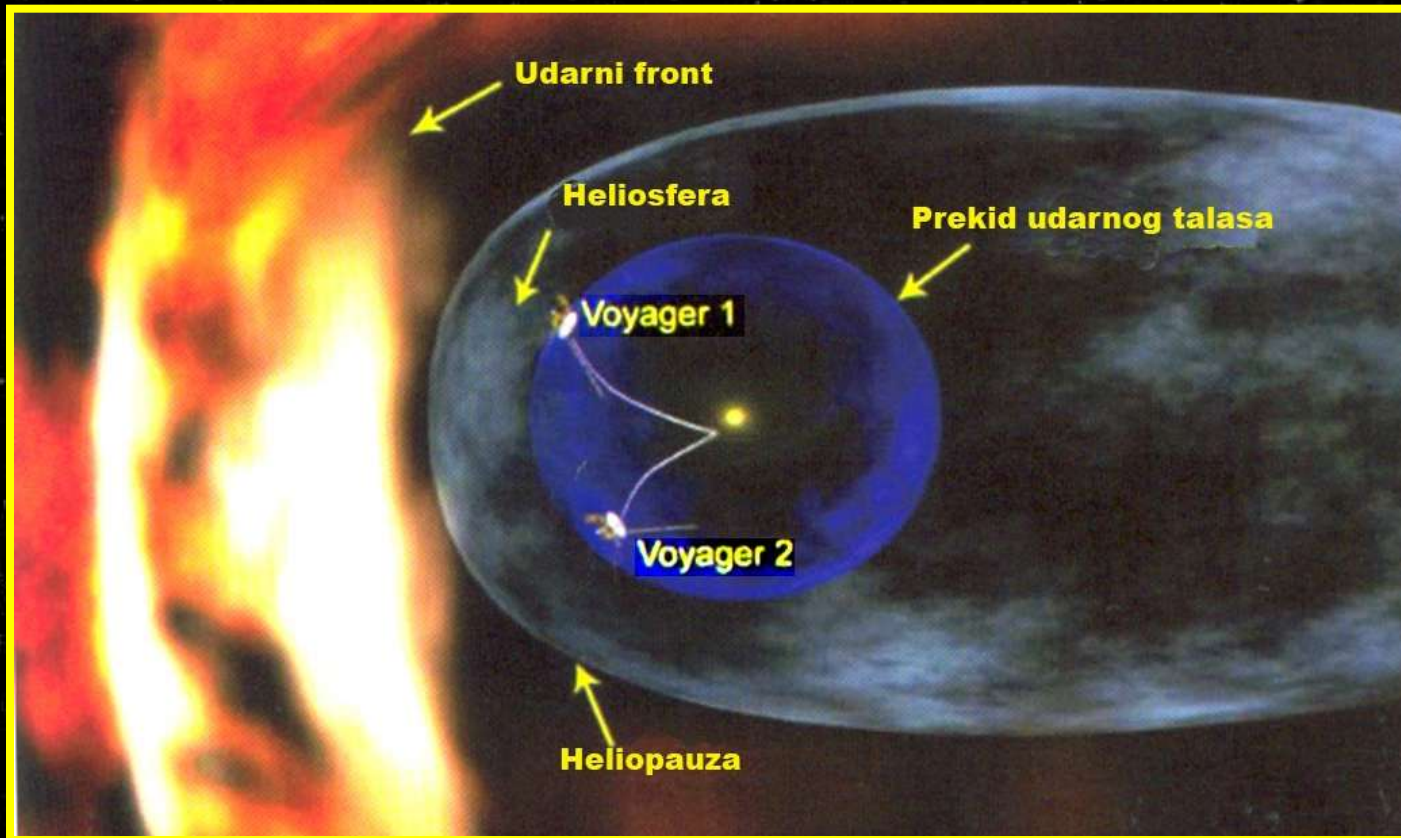


Dakle svetovi slični našem u Kosmosu definitivno postoje.

Valjda će se naći i neka zgodno mesto za nas uboge.

Ali, kako sada stvari stoje ti daleki svetozi su pre nada, nego naša budućnost.

Ne treba zaboraviti da je Vojadžer 1 danas najudaljeniji objekat koji je čovek ikada napravio. Udaljen je od nas oko 100 AU. Ako nastavi ovako da napreduje za 76 000 godina preći će rastojanje između Sunca i najbliže zvezde, Proxima Kentaura.



*Možda je ipak najbolje da malo bolje
pričuvamo našu staru, dobru Zemlju!*











Uz malo pameti, za nas i ovde ima nade!



Hvala na pažnji!

