

Vesolje v mojem žepu



Eksoplaneti



Jean Schneider
Grażyna Stasińska

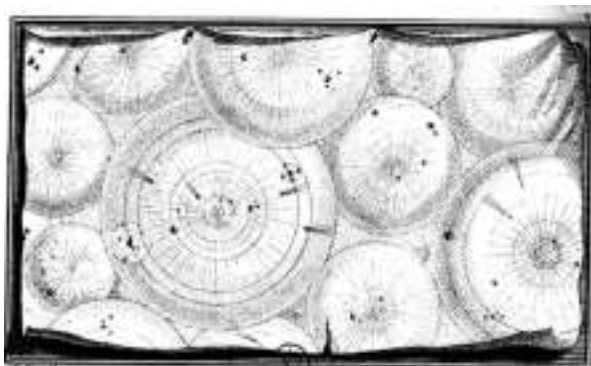
Pariški Observatorij

Idejo, da lahko obstajajo 'drugi svetovi' onkraj našega Osončja, je predlagal grški filozof Epikur pred 2300 leti.

Leta 1584 je filozof Giordano Bruno trdil, da so zvezde sonca, tako kot naše.

V XVII. in XVIII. stoletju so številni znanstveniki in filozofi, kot sta Charles Huygens in Immanuel Kant, nadalje razvili koncept drugih svetov.

Risba, ki predstavlja 'množico svetov', kot si jo je zamislil francoski pisatelj Fontenelle leta 1686.



Barvna različica gravure iz knjige, ki jo je leta 1888 objavil Camille Flammarion. Prikazuje romarja, ki odkriva drug svet.

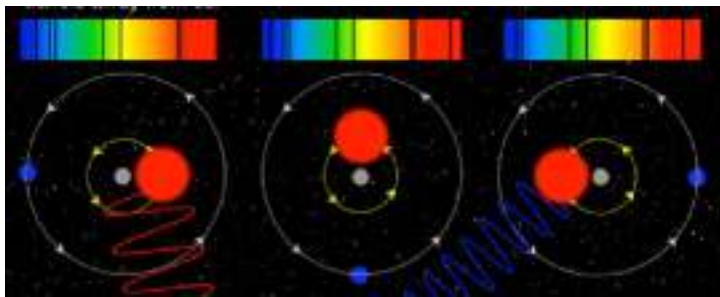


Prvi poskusi astronomov za zaznavanje planetov okoli drugih zvezd so bili v poznih tridesetih letih prejšnjega stoletja, vendar do leta 1989 ni bilo nič drugega kot lažni alarmi.

Zakaj iskati eksoplanete?

V naši galaksiji, Rinski cesti, je približno 100.000.000.000 zvezd. Koliko eksoplanetov - planetov zunaj Osončja - pričakujemo, da obstaja? Zakaj so nekatere zvezde obdane s planeti? Kako raznoliki so planetarni sistemi? Ali nam ta raznolikost pove kaj o procesu nastajanja planetov? To je nekaj od številnih vprašanj, ki motivirajo preučevanje eksoplanetov. Nekateri eksoplaneti imajo morda potrebne fizikalne pogoje (količina in kakovost svetlobe z zvezde, temperatura, sestava atmosfere) za obstoj kompleksne organske kemije in morda za razvoj življenja (ki se lahko precej razlikuje od življenja na Zemlji).

Dinamične metode:

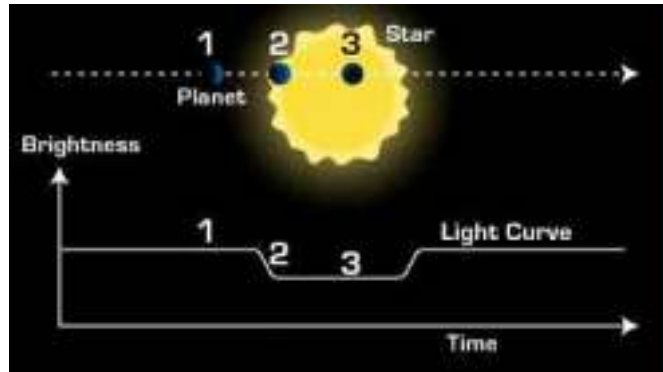


Planet in zvezda krožita okoli svojega skupnega težišča.

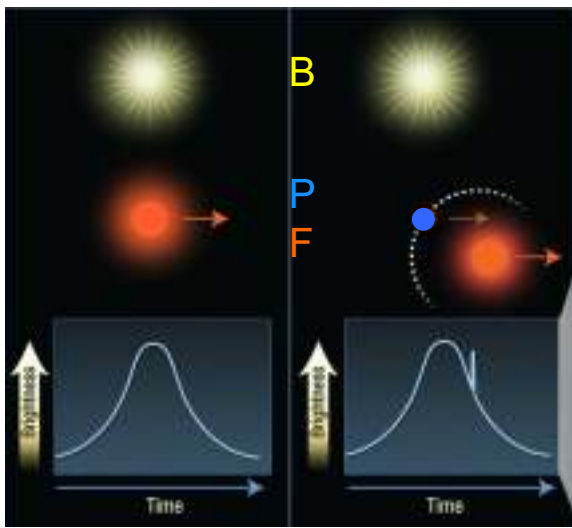
Gibanje zvezde okoli težišča se zazna z premikom črt v njenem spektru (glejte TUIMP 2 in 10).

Tranziti:

Če planet preide pred zvezdo, povzroči majhen mrk.



Mikroleča:



Ko zvezda F preide pred zvezdo B, ustvari 'gravitacijsko lečo', ki poveča svetlobo. Če planet P kroži okoli zvezde F, bo tudi on leča zvezde B, vendar za krajši čas.

Posredne metode odkrivanja

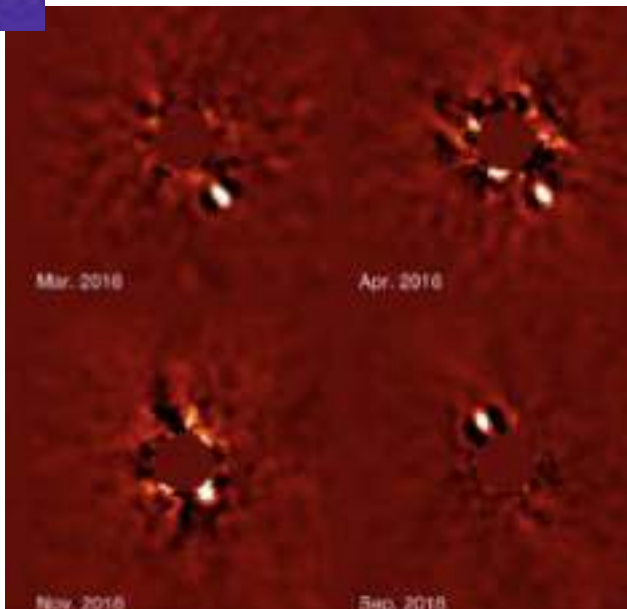
Prva odkritja eksoplanetov so uporabila učinke planeta na njegovo zvezdo (glejte nasprotno stran), kar je omogočilo izpeljavo številnih planetarnih lastnosti.

- Z dinamičnimi metodami, s preučevanjem variacij radialne hitrosti zvezde, dobimo velikost in ekscentričnost orbite, periodo revolucije in spodnjo mejo mase planeta. Prava vrednost mase in orientacija orbite sta izpeljani iz spremembe položaja zvezde glede na bližnje zvezde (astrometrija).
- Z metodo tranzita dobimo velikost planeta iz globine svetlobne krivulje med mrkom in periodo revolucije iz časa med mrki.
- Z mikrolečo dobimo maso planeta in njegovo oddaljenost od zvezde.

Dva planeta okoli zvezde HR 8799, odkrita leta 2008 z uporabo koronografije v infrardeči svetlobi s teleskopom Gemini North na Havajih.

Zaporedje slik, posnetih pri ESO Very Large Telescope v Čilu. Prikazuje gibanje planeta Beta Pictoris b, ko kroži okoli svoje zvezde.

Zasluge: Lagrange et al.



Prva slika eksoplaneta, posneta pri ESO VLT leta 2004. Kroži okoli 'rjave pritlikavke' 2M1207, šibke zvezde z majhno maso, ki je tukaj prikazana v beli barvi.

Zasluge: Chauvin et al.

Direktne metode odkrivanja

Neposredno zaznavanje eksoplaneta je težko, ker so planeti majhni in temni ter ležijo zelo blizu svojim zvezdam, ki so vsaj 10 milijonov krat svetlejše. Zato moramo zvezdo skrbno maskirati s tehniko, imenovano koronografija.

Neposredno zaznavanje, kadar je mogoče, je zelo plodno, ker lahko z več slikami določimo celotno orbito.

Spektroskopija planeta razkriva molekularno sestavo njegove atmosfere, pa tudi njegovo podnebje in vreme.

Fotometrično spremljanje planeta daje njegovo rotacijsko periodo, to je dolžino njegovega dneva.

Velikost in maso planeta pa je mogoče dobiti le z indirektnimi metodami.



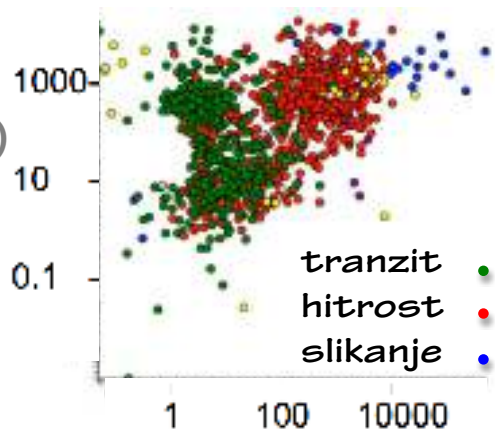
Satelit CoRoT je odkril 36 eksoplanetov. 600 kandidatov je še v preiskavi.

Misija Kepler je opazovala 530.000 zvezd in doslej našla 2500 eksoplanetov. Še 2500 kandidatov čaka na analizo.



Evropski satelit Gaia, izstreljen leta 2013, je deloval do leta 2022. Preučeval je položaj in gibanje več kot milijard zvezd z izjemno natančnostjo.

Mase (glede na Zemljo) v primerjavi z dolžino leta (v zemeljskih dneh) za vse znane eksoplanete od februarja 2019. (podatki iz exoplanet.eu).



Kratka zgodovina odkritij

Prva odkritja eksoplanetov so bila narejena s tal z metodo radialne hitrosti z uporabo visoko natančnih spektrografov. HD 114762 b je bil prvi odkriti planet, leta 1989. Leta 1992 so našli 3 planete okoli pulsarja. Potem je število odkritij poskočilo. Do leta 2019 je bilo s to metodo najdenih več kot 800 planetov in 600 sistemov z več planeti.

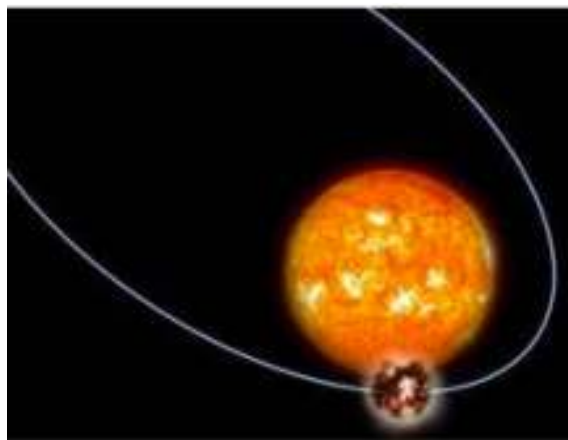
Leta 2006 je bil izstreljen francosko-ESA satelit CoRoT, leta 2009 pa še NASA-in vesoljski teleskop Kepler. Oba sta uporabljala metodo tranzita. CoRoT je prvi zaznal zemeljski planet. Kepler je odkril na tisoče planetov.

90 planetov je bilo najdenih z mikrolečo, 100 planetov pa je bilo najdenih z direktnim slikanjem z Zemlje.

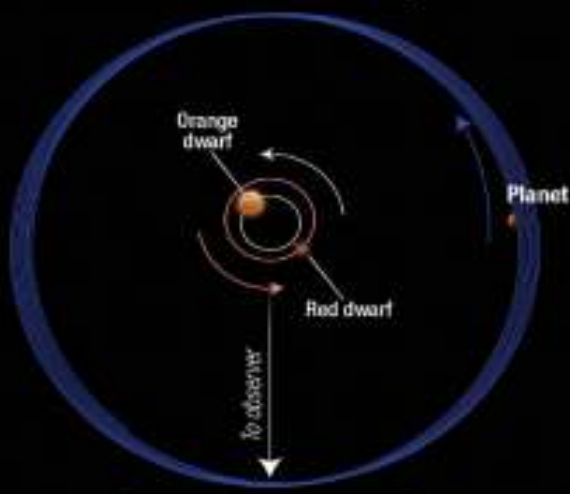
Gaia je zagotovila astrometrijo in lastna gibanja za več kot milijardo zvezd. Odkriti bi morala na tisoče novih planetov.

Imaginarni
pogled (ne v
merilu) na zelo
vročo
Super-Zemljo
CoRoT-7 b

Umetniška
upodobitev planeta
Kepler-432b, ki jo
je naredil G. Thimm,
z njegovo zelo
ekscentrično
orbito, ki povzroča
ekstremne letne
čase.



Planet
Kepler-413b, ki
kroži okoli dveh
zvezd: oranžne
in rdeče.

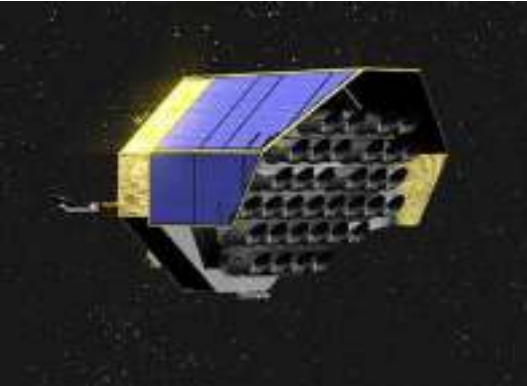


Raznolikost svetov

Do leta 2019 je bilo potrjenih več kot 4000 planetov, medtem ko jih več kot 3000 čaka na potrditev.

Odkritih je bilo veliko čudnih planetov, ki ne obstajajo v Osončju:

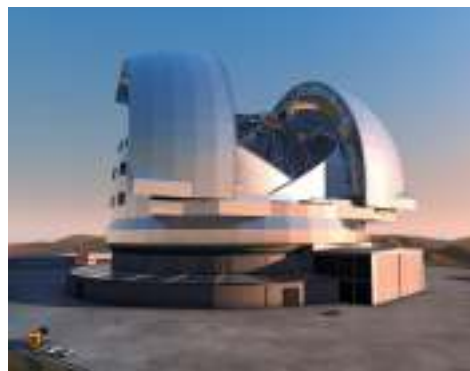
- Planeti s temperaturami več kot 1000°C , ki krožijo okoli svoje zvezde v samo nekaj dneh (v primerjavi z enim letom za Zemljo)
- Izparevajoči planeti
- Planeti, ki so dvakrat večji od Zemlje, imenovani Super-Zemlje, z ekstremnimi letnimi časi (-100°C pozimi, $+100^{\circ}\text{C}$ poleti).
- Planeti z dvema soncema
- Sistemi planetov, ki so zelo tesno zloženi okoli svojega sonca.



Plato, prihodnji evropski lovec na eksoplanete, ki bo izstreljen leta 2026. Opazoval bo na stotisoče zvezd in iskal planete z uporabo

tehnike tranzita.

Umetniška upodobitev prihodnjega Evropskega ekstremno velikega teleskopa, ki bo začel delovati v Čilu leta 2025. Zbral bo 13-krat več svetlobe kot največji obstoječi teleskopi in ustvaril slike, ki so 16-krat ostrejšje od tistih s Hubblovega vesoljskega teleskopa.



Projekt hiperteleškopa A. Labeyrieja. Prihodnji, zelo velik interferometer v vesolju, za kartografijo eksoplanetov z

ločljivostjo 100 m.

Prihodnost

V naslednjih 10 letih bodo s tal delovali teleskopi s premerom 30 do 40 m za zaznavanje eksoplanetov s slikanjem in variacijami hitrosti zvezd. Satelitski teleskopi, vključno s Cheops, JWST, Plato in Ariel, bodo izstreljeni za zaznavanje planetov z metodo tranzita. JWST bo izvajal tudi direktno slikanje.

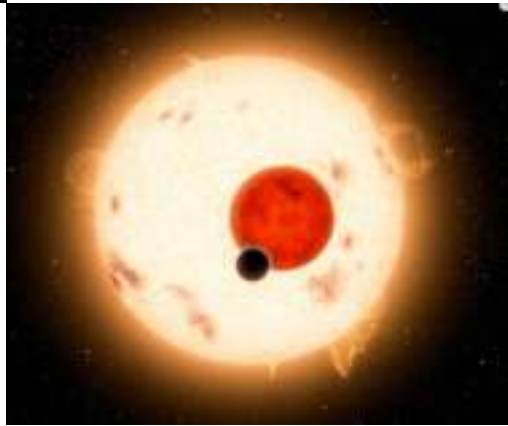
Veliki vesoljski teleskopi s premerom 8 do 18 m (LUVOIR, Habex) se načrtujejo pri NASA za zaznavanje znakov življenja na eksoplanetih do leta 2050.

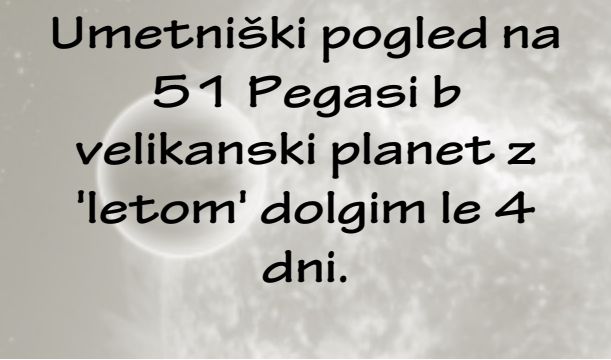
V bolj oddaljeni prihodnosti bodo ogromni vesoljski interferometri izdelali podrobne zemljevide planetov. In morda bodo proti najbližjim eksoplanetom izstreljene medzvezdne sonde, ki bodo posnele slike od blizu. Inženirji že delajo na tehnikah pogona za doseg tako oddaljenih ciljev. 13

Kviz

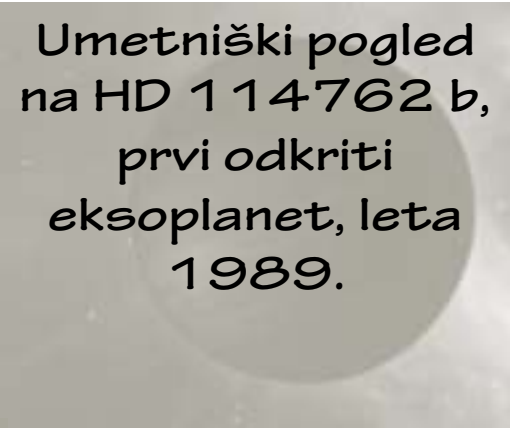
Katera od teh
slik predstavlja
planet
Osončja?

Odgovori na hrbtni
strani

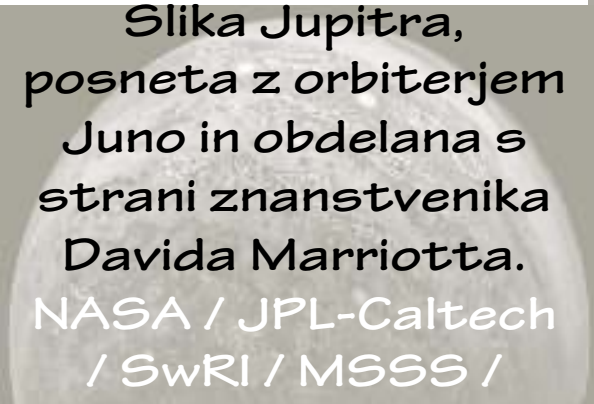




Umetniški pogled na
51 Pegasi b
velikanski planet z
'letom' dolgim le 4
dni.



Umetniški pogled
na HD 114762 b,
prvi odkriti
eksoplanet, leta
1989.



Slika Jupitra,
posneta z orbiterjem
Juno in obdelana s
strani znanstvenika
Davida Marriotta.
NASA / JPL-Caltech
/ SwRI / MSSS /



Umetniški pogled
na Kepler-16b,
planet, ki kroži
okoli dveh zvezd.

Vesolje v mojem žepu št. 8

To knjižico sta leta 2019 napisala Jean Schneider in Grażyna Stasińska iz Pariškega observatorija (Francija).

Nr 1

Slika na naslovnici: Ta slika ponazarja idejo, da so lahko zemeljski planeti številni in zelo raznoliki v vesolju (vir JPL). Vse slike eksoplanetov in satelitov v tej knjižici so umetniške upodobitve. Viri: NASA, ESA in ESO.



Če želite izvedeti več o tej seriji in o temah, predstavljenih v tej knjižici, obiščite <http://www.tuimp.org>

Prevod: Jerome Novak
TUIMP Creative Commons

