

3: Des Marais et al, 2008, Astrobiology, 8, 715:

<http://www.liebertonline.com/doi/pdf/10.1089/153110703769016299>">"Focus Paper: The NASA Astrobiology Roadmap"

4: Martinin ja Russelin paperi (sisältää mm kemotrofien erilaiset metaboliat)

[http://www.gla.ac.uk/projects/originoflife/html/2001/pdf_files/Martin & Russell.pdf](http://www.gla.ac.uk/projects/originoflife/html/2001/pdf_files/Martin_%20Russell.pdf)

5: E.C.Nisbet ja C.M.R.Fowler: The Early History of Life

<http://www.nordita.dk/conference/AstroBioSchool/material/NibetFowler2004.pdf>

ja että täältä löytyy ajantasaisempaa asiaa ja tietoja, eri aiheista - mutta ei tule tenttiin:

2: Erikoissarja 2010 (Cold Spring Harbor Perspectives in Biology Subject Collection: The Origins of Life)

[http://cshperspectives.cshlp.org/cgi/collection/rss?coll alias=the origins of life](http://cshperspectives.cshlp.org/cgi/collection/rss?coll%20alias%3Dthe%20origins%20of%20life)

Tenttiin: tutustu Aikavaellus.fi sivustoon

Kurssisivulle myös tämä tenttieto:

Kurssin oma tentti 22.10. klo 16-18, Quantumin Sali , Ei tarvitse ilmoittautua

Ma 09.11. klo 14-18, Sali IX ja X, biokemian tentti, ilmoittaudu biokemian kurssikoodilla KABI5070

Ti 24.11. klo 14-18, Sali X, fysiikan tentti, ilmoittaudu nettiopsussa koodilla TÄHT6007

Ilmoittautumiset viimeistään viikkoa ennen kuulustelua
Nettiopsussa klo 23.59 mennessä_a

An Introductory Astrobiology Course will be co-organized in english by several french institutions and the Erasmus + "European Astrobiology Campus », from 7 to 13 February 2016 in Teich Ornithological Park (near Bordeaux, France): <http://www.exobiologie.fr/red/index.php/en/>

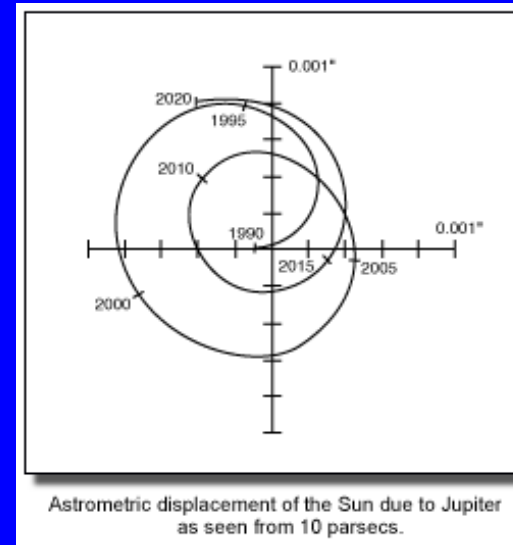
Registration is open until 11 December 2015 !!

Ruotsin ainoa astronautti Christer Fuglesang luennoi Paraisilla 11.11. aiheesta Resor och äventyr i rymden. Aihe kenties kiinnostaa yliopiston opiskelijoita ja henkilökuntaa. Lisätietoja luennosta Saariston Kombin kotisivuilta

<https://mbi.pargas.fi/kurser/visa/1037-040001102-resor-och-aventyr-i-rymden>

10. EKSOPLANEETAT ja ELÄMÄNVYÖHYKKEET

Eksoplaneettojen etsiminen...



Haettu 60-luvulta asti valokuvaamalla tähtiä.

Tähden näennäinen ilmakehän rajoittama koko on noin $1''$ (=kaarisekunti=1mm 206 metrin päästä). Aurinkoa lähimmän tähden α Cen (4vv) taivaalle piirtämä ellipsin isoakselin puolikas on $0.75''$. 32vv:n (10pc) etäisyydellä olevan tähden piirtämän ellipsin isoakselin puolikas on $0.1''$.

10pc:n etäisyydeltä Aurinko piirtäisi Jupiterin vaikutuksesta pientä ellipsiä, jonka isoakselin puolikas on $0.0006''$.



1999

2005

2011



... ja löytyminen

Uusi spektroskooppinen menetelmä

Ensimmäinen eksoplaneetta löydettiin 1995 tähden PSR B1257+12 pulssien pikkuruusista Doppler siirtymistä.

Sittemmin planeettojen olemassaolo on vahvistettu pimennyshavainnoista, joka on noussut hyvin tärkeäksi menetelmäksi

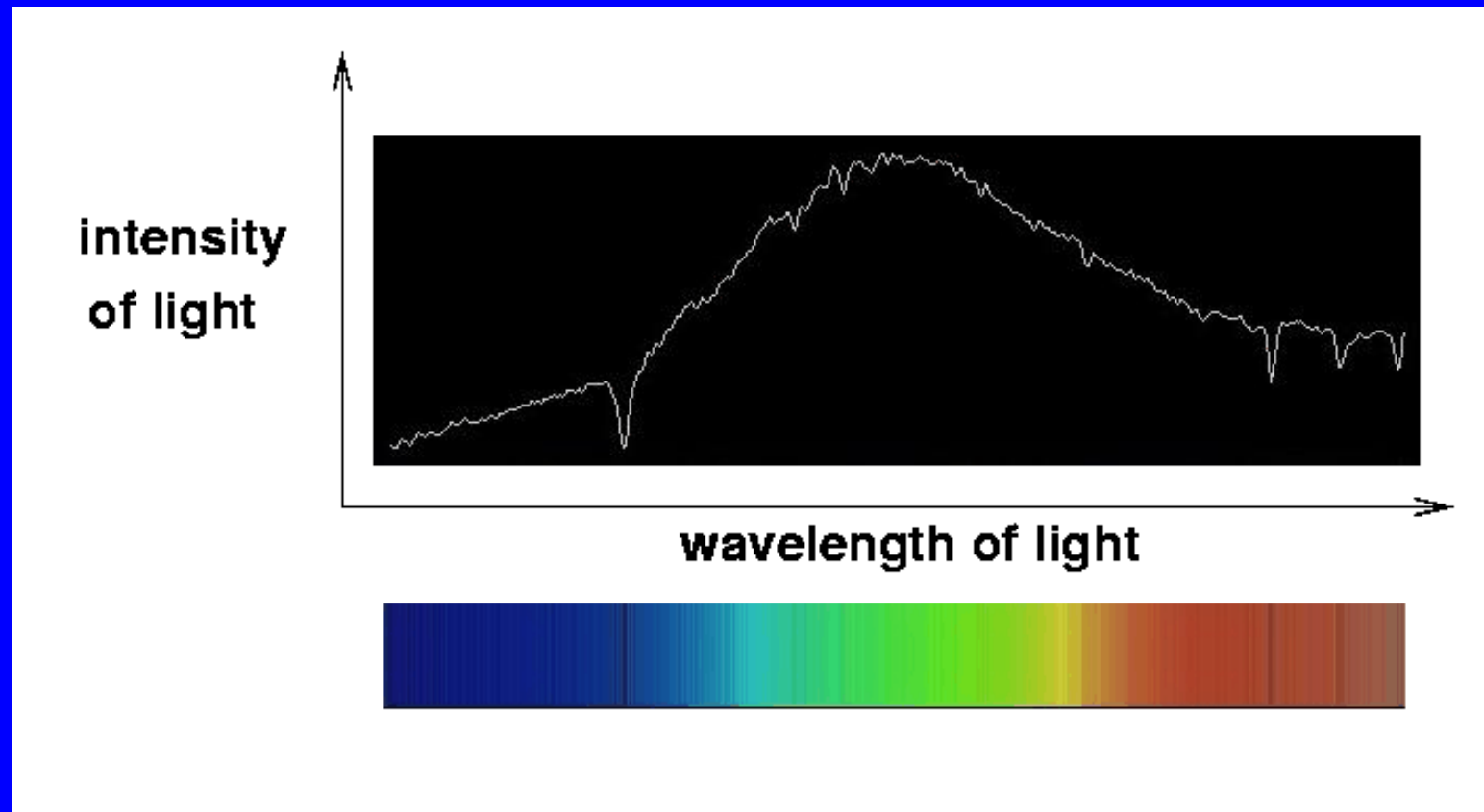
Eksoplaneetat ovat aiheuttaneet myös muutamia gravitaatiolinssi-ilmiöitä.

Nykyisin eksoplaneettoja tunnetaan lähes 2000 kpl, lähinnä pääsarjan tähden ympärillä

Kepler satelliitin havainnoista lisäksi kandidaatteja lähes 5000 kpl

- <http://www.exoplanet.eu/>

Tähtien spektri

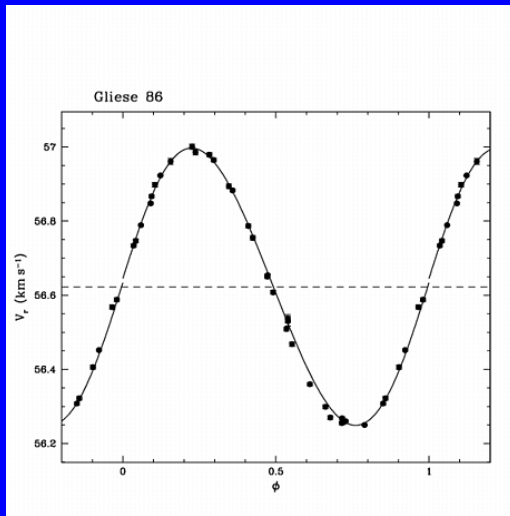


nopeus saadaan spektriviivasta kaavalla: $v = c \cdot (\Delta\lambda/\lambda)$

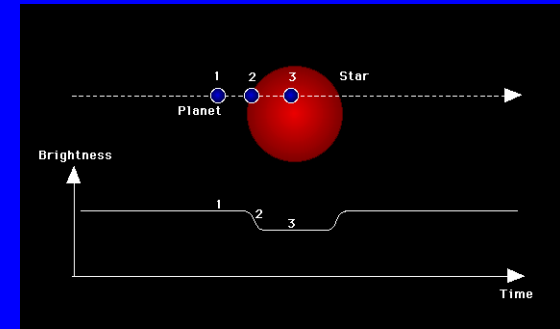
esim: $\lambda = 468.13 \text{ nm}$, $\Delta\lambda = 0.01 \text{ nm}$, $c = 300000 \text{ km/s}$ v
 $= 300000 \text{ km/s} \cdot 0.01/468.13 = 6.4 \text{ km/s}$



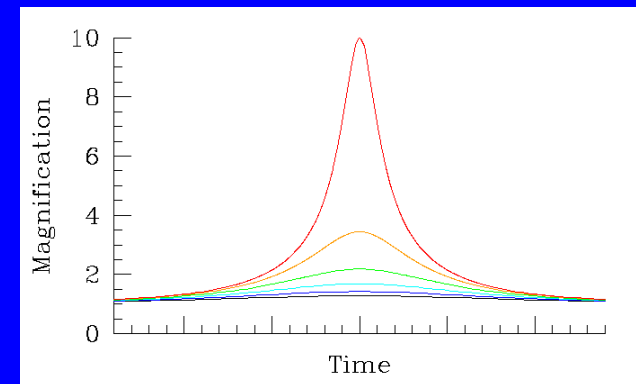
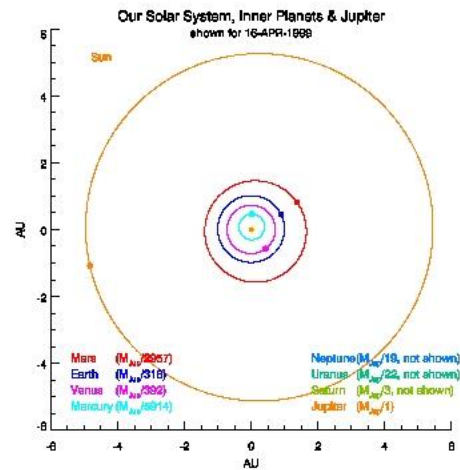
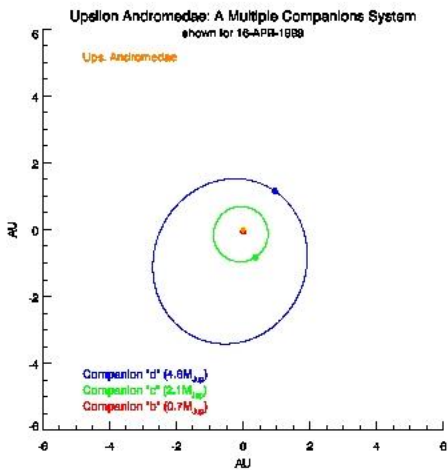
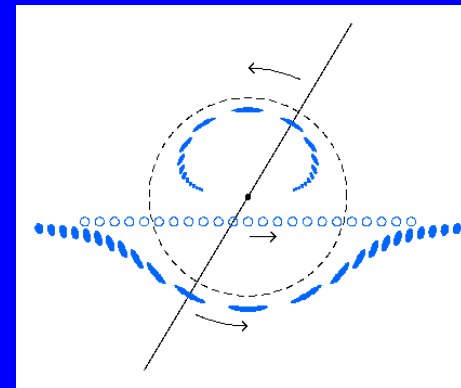
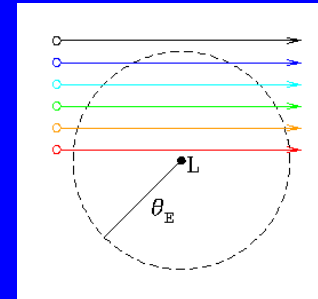
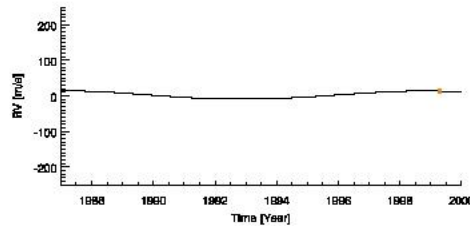
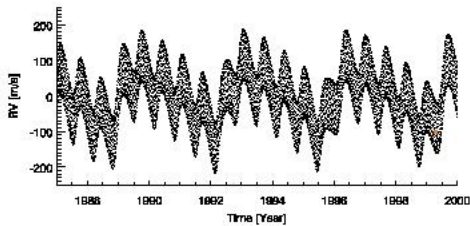
Doppler tekniikka



Pimennys



Gravitaatiolinssi



Eksoplaneettojen ominaisuudet: Jättiläisplaneettoja ja pienempiäkin

Spektroskooppisesti (esim HARPSilla) havaitut planeetat ovat enimmäkseen kaasu/jääjättiläisiä, pienimmät havaitut planeetat vain muutaman Maan massan luokaa.

Keplersatelliitilla pimmenyshavaintojen planeettojen joukossa on paljon maan massaisia ja hieman suurempia super maapalloja

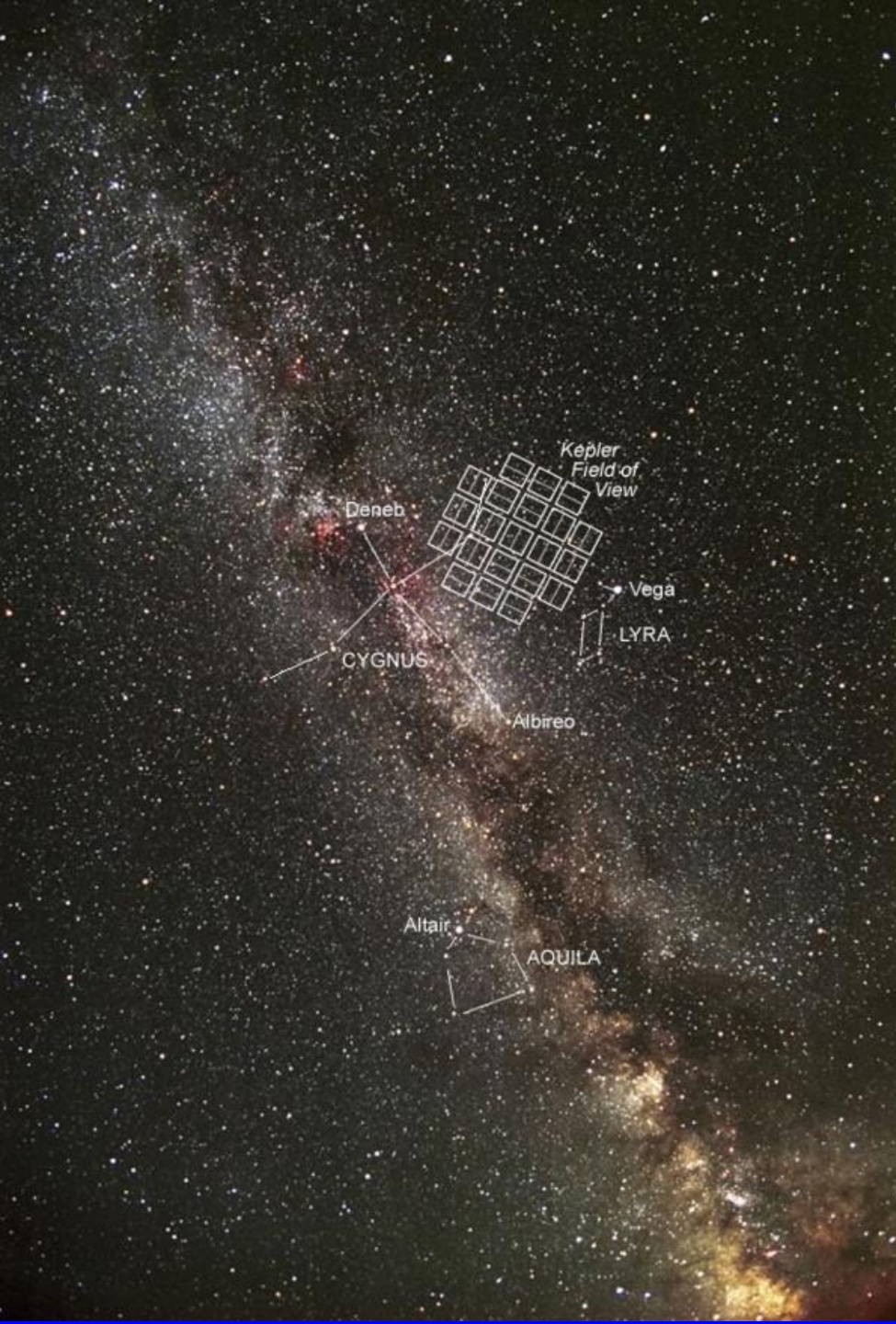
Monet kovin lähellä keskustähteä

Monet pitkulaisilla elliptisillä radoilla

Planeettoja vai ruskeita kääpiöitä ?

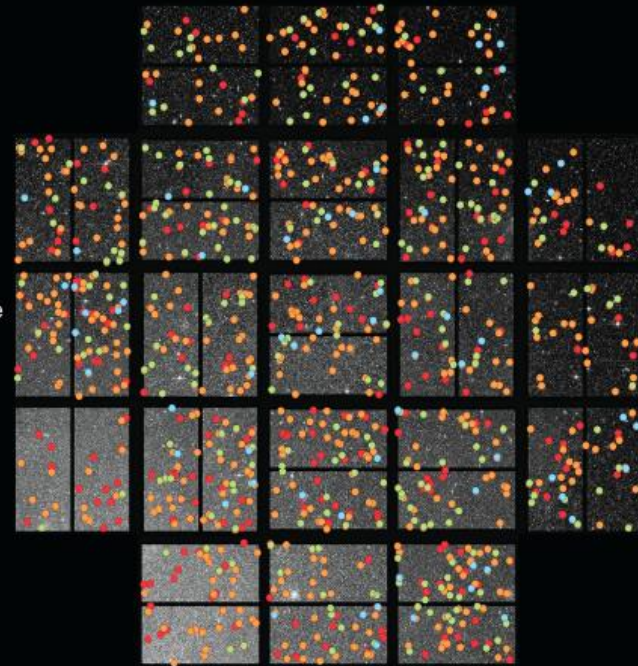
Monet löydetyt planeetat ovat melko massiivisia (paljon Jupiteria massivisempia).

Rajatapauksia ruskeiden kääpiöiden ja planeettojen välillä on (noin 10-20 Jupiterin massan kappaleet).



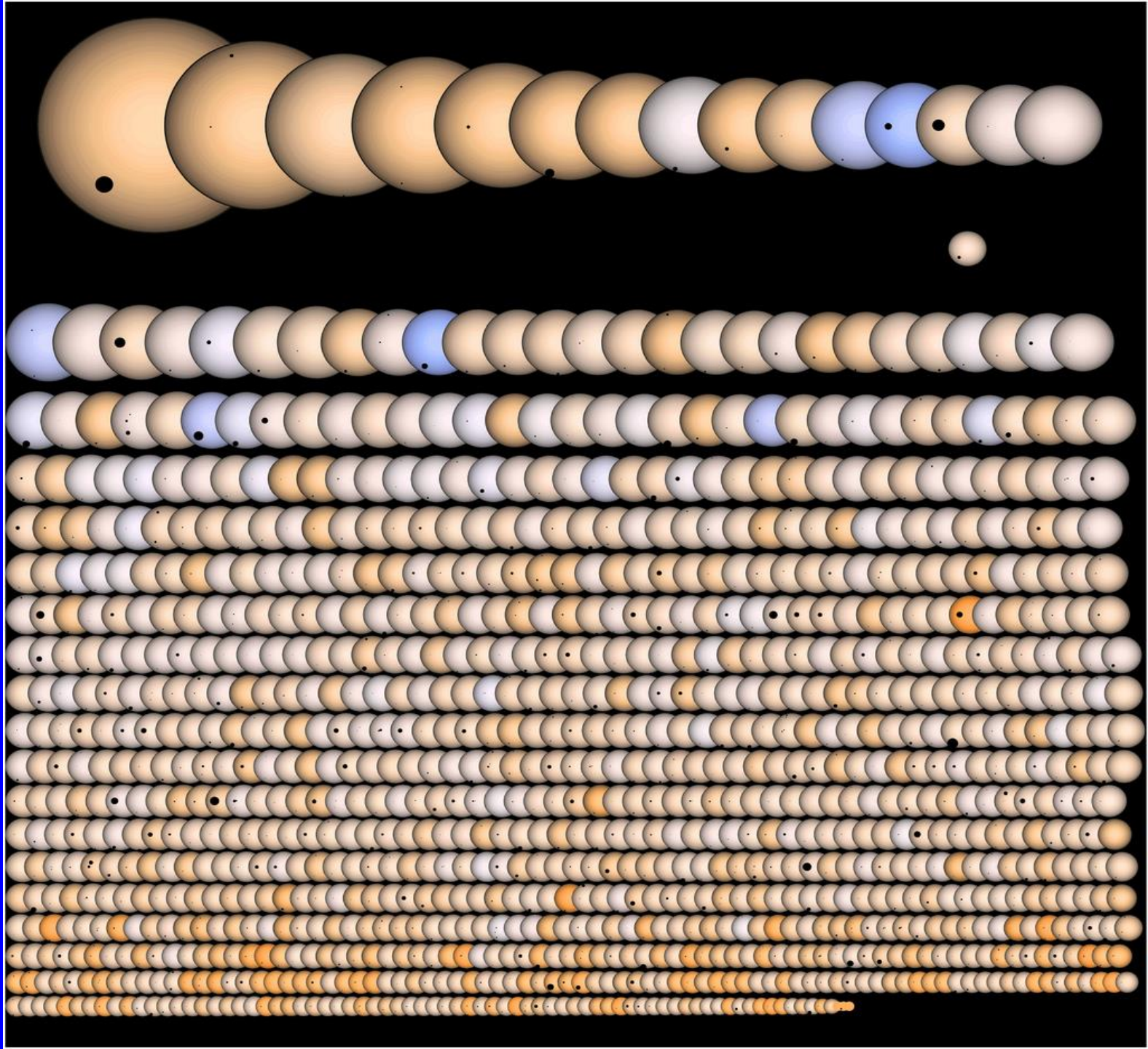
Kepler Discovers 1,235 Planet Candidates

- Earth-size
- Super-Earth size
1.25 - 2.0 Earth-size
- Neptune-size
2.0 - 6.0 Earth-size
- Giant-planet size
6.0 - 22 Earth-size

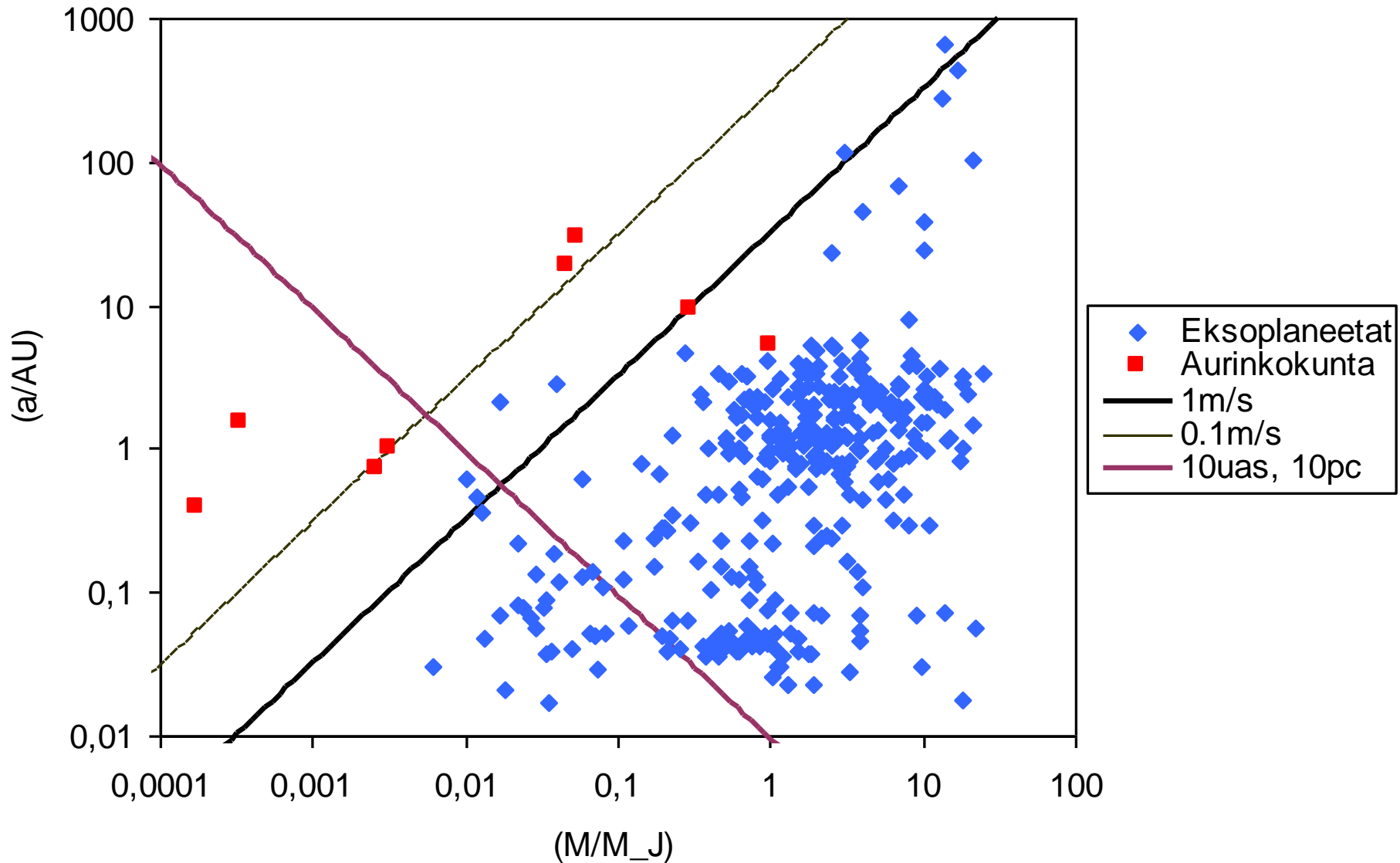


Kepler (2011)

Kepler-
Satelliitin
planeetta-
kandidaatteja



EKSO: Detektorajat (spektroskopia ja astrometria) – ei vielä KEPLERiä



Ongelmia!!!!

Miksi havaitut planeettakunnat ovat niin erilaisia kuin oma Aurinkokuntamme?

Planeettojen syntyteoriat eivät pysty helposti selittämään $<0.4\text{AU}$ etäisyydellä kiertäviä planeettoja.

Ratojen suuret eksentrisyydet mysteereitä.

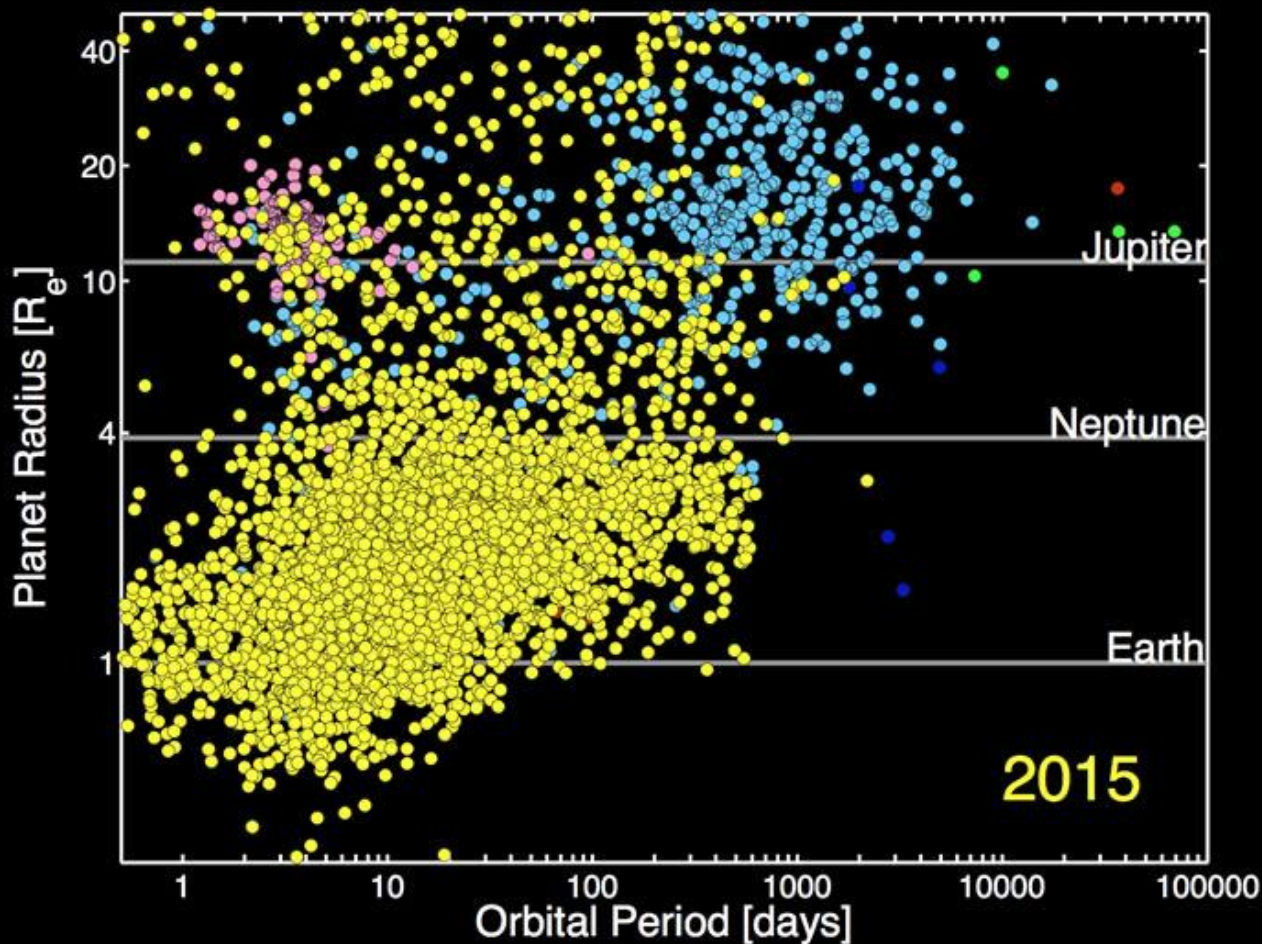
Planeettakuntien keskustähtien ominaisuudet

Gravitaatiolinssihavainnoista arvioidaan, että enintään $1/3$ Auringon kaltaisista tähdistä voi olla Jupiterin massan planeettoja 1.5-4AU:n etäisyydellä keskustähdestä.

Löydettyjen eksoplaneettojen keskustähti on spektriluokkaa F...M (valinta-efekti?).

Keplerin havaintojen perusteella uskotaan lähes jokaisella tähdellä olevan planeettoja.

Exoplanet Discoveries



- Radial Velocity
- Transit
- Imaging
- Microlensing
- Pulsar Timing
- Kepler

Animation Credit: NASA
Ames/Kepler Mission/N.
Batalha

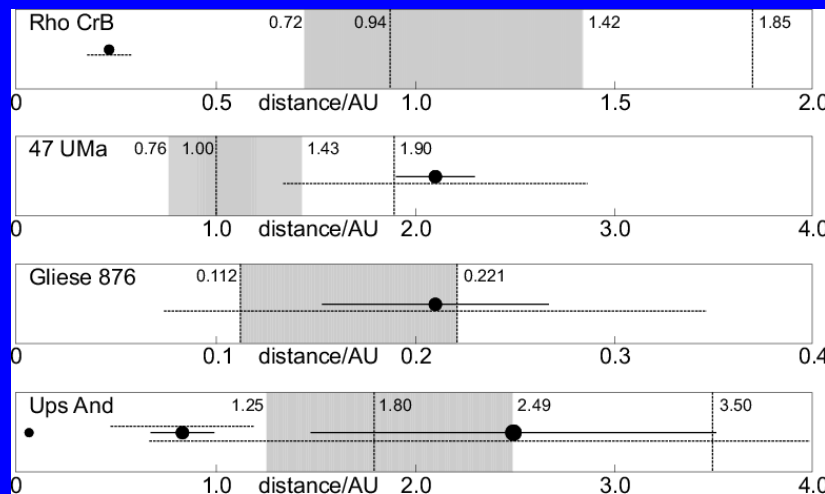
Voiko näillä eksoplaneetoilla olla elämää?

Yli 150 eksoplaneetan tiheys on pystytty määrittämään (noin $0.05... 2 \text{ g/cm}^3$).

Useimmat lienevät kaasupalloja.

Itse näillä planeetoilla tuskin on elämää, mutta joillakin niiden kuilla se saattaisi olla mahdollista.

- Gl 581 c ja HD85512b lienevät kivisiä planeettoja, joka sellaisella etäisyydellä että vesi olisi nesteenä... Keplerillä 16 uutta supermaaehdokasta elämän vyöhykkeellä.



Voiko näillä tähdillä olla Maankaltaisia planeettoja?

Eksentriset radat epävakauttavia

Lähellä tähteä oleva iso planeetta pyyhkii pihansa puhtaaksi. Erityisesti alle 2 AU:n etäisyydellä kiertävä planeetta estää tehokkaasti maankaltaisen planeetan syntymisen sen ja tähden väliin.

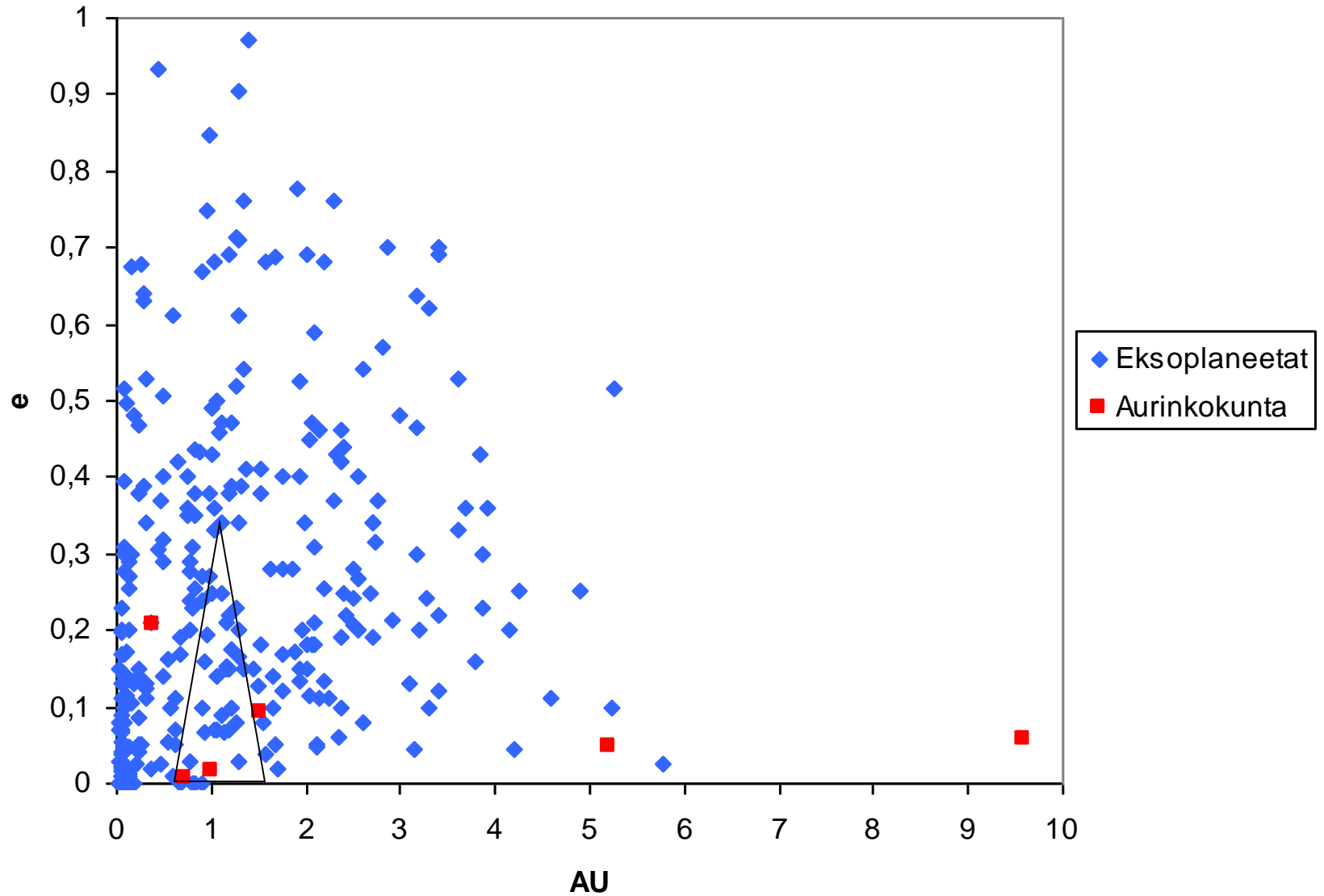
Trojalaiset planeetat mahdollisia

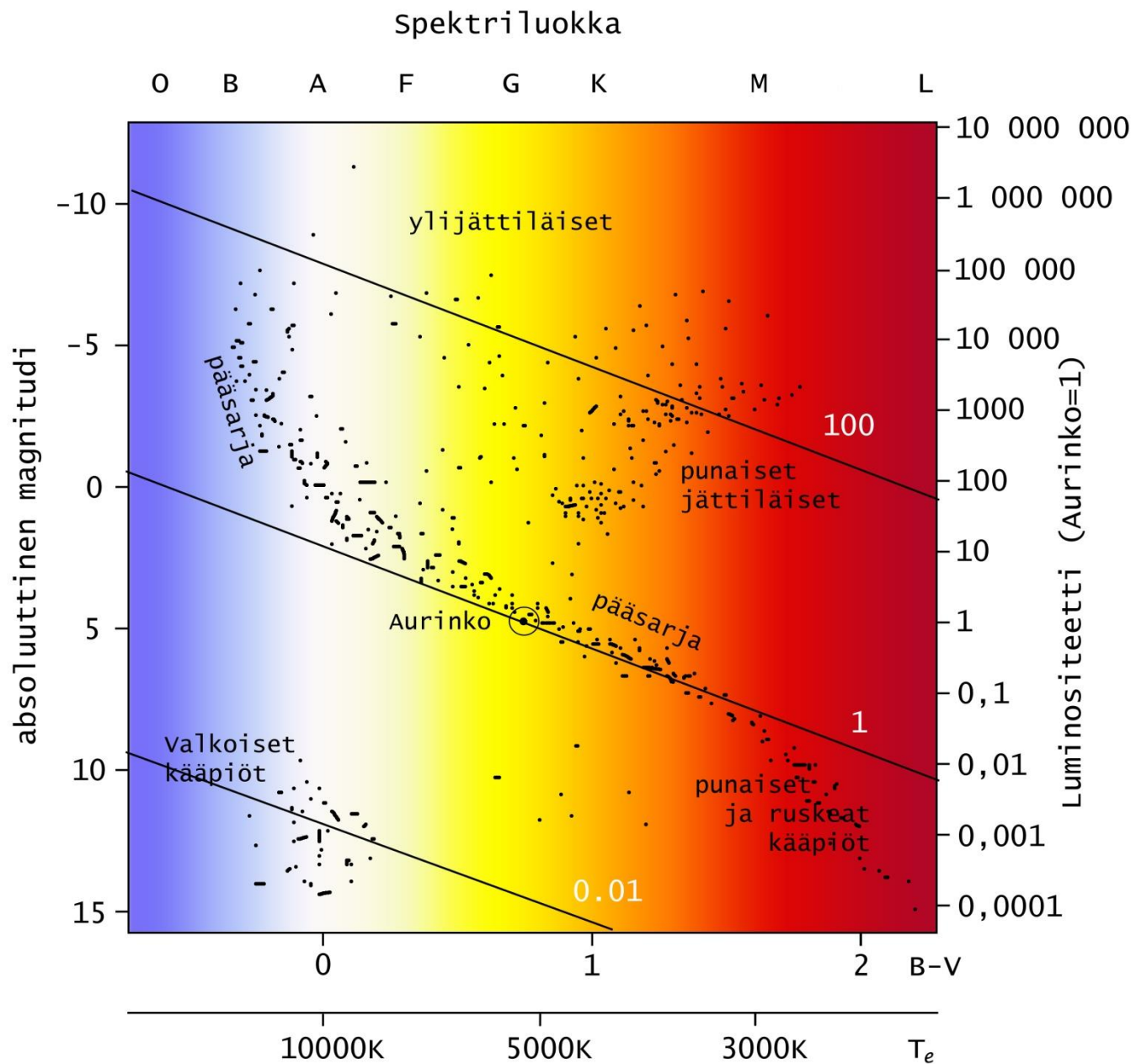
Elämän vyöhykkeet

Elämän vyöhykkeet tähtien ympärillä I

- Tarkastellaan keskustähteä (T_{\star} , R_{\star}) ja
- Jos etäisyydellä r_p on planeetta, jonka albedo (=heijastuskerroin) on A , niin silloin
- Nopeasti pyörivällä planeetalla lämpötila on
 $T = T_{\star} \left(\frac{1-A}{4} \right)^{1/4} \left(\frac{R_{\star}}{r_p} \right)^{1/2}$ ynnä kasvihuoneilmiö
- Jos elämälle $230\text{K} < T < 330\text{K}$, niin silloin elämälle sopiva r_p kasvaa kun T_{\star} kasvaa.
- Eksentrisillä radoilla $r_{p\text{max}}/r_{p\text{min}} = (1+e)/(1-e)$. Elämän kannalta $T_{\text{max}}/T_{\text{min}} = 330/230 = 1.44 \rightarrow r_{\text{max}}/r_{\text{min}} = 2.05 \rightarrow e_{\text{max}} = 0.34$
- Vastaavasti jos vaaditaan $270\text{K} < T < 320\text{K} \rightarrow e_{\text{max}} = 0.17$

EXO: eksentrisyys vs. isoakseli





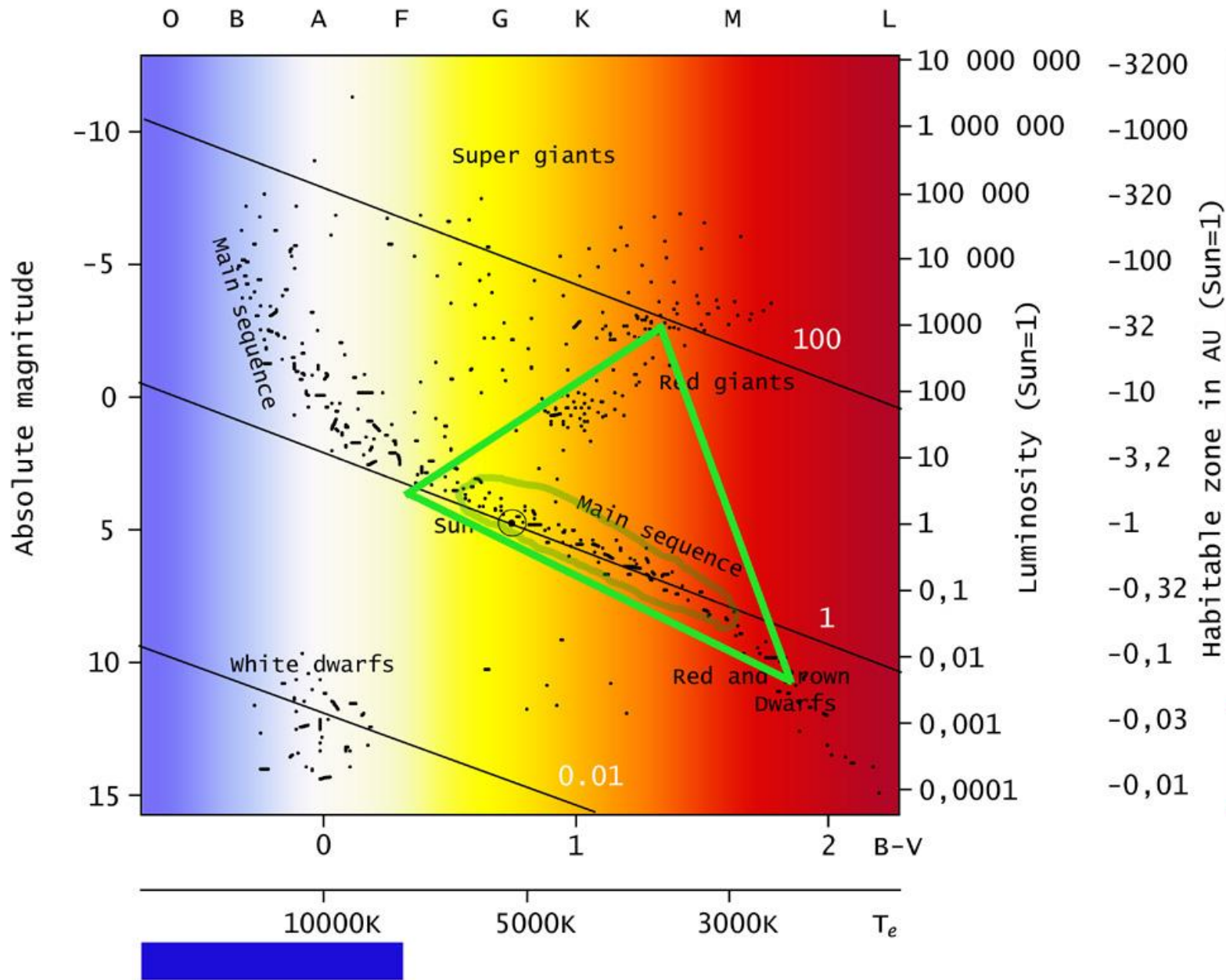
Elämän vyöhykkeet tähtien ympärillä II

- Siniset ja valkoiset O, B ja A spektriluokan tähdet ovat liian lyhytikäisiä (50-200 milj v) ja niistä tulee liikaa UV säteilyä.
- F tähdillä on HZ suunnilleen välillä 5 - 20 AU, melko paljon UV-säteilyä ja lyhyehkö tähtien ikä (2-5 miljardia vuotta).
- G ja K spektriluokan:n kääpiötähdet ovat Auringon tapaisia, ja niiden ympärillä on vastaava vyöhyke, esim. Auringolla (G2) on HZ noin 0.8 – 2 AU (7 – 30 miljardia vuotta).

Elämän vyöhykkeet tähtien ympärillä III

- M spektriluokan kääpiötähdet ovat himmeitä punaisia tähtiä
 - HZ on hyvin lähellä tähteä, esim. Barnardin tähdellä M4 noin 0.02 - 0.06AU
 - Planeetan kierto- ja ratajakso synkronoituneet (kuten kuulla on)
 - Planeetan ilmakehä sataisi alas lumena yöpuolella, paitsi jos se olisi tarpeeksi paksu tasaamaan yö ja päivälämpötiloja
 - Flarepurkaukset sterilioivia, ellei ilmakehä suojaa?
- L, T, Y-spektriluokan tähdet lienevät liian himmeitä elämälle
- M-spektriluokan jättiläistähdet
 - HZ kaukana, 100 - >1000AU, lyhyehköikäisiä (satoja miljoonia vuosia) — voisiko käynnistää elämän Oortin komeettapilven komeetoissa?

Spectral class



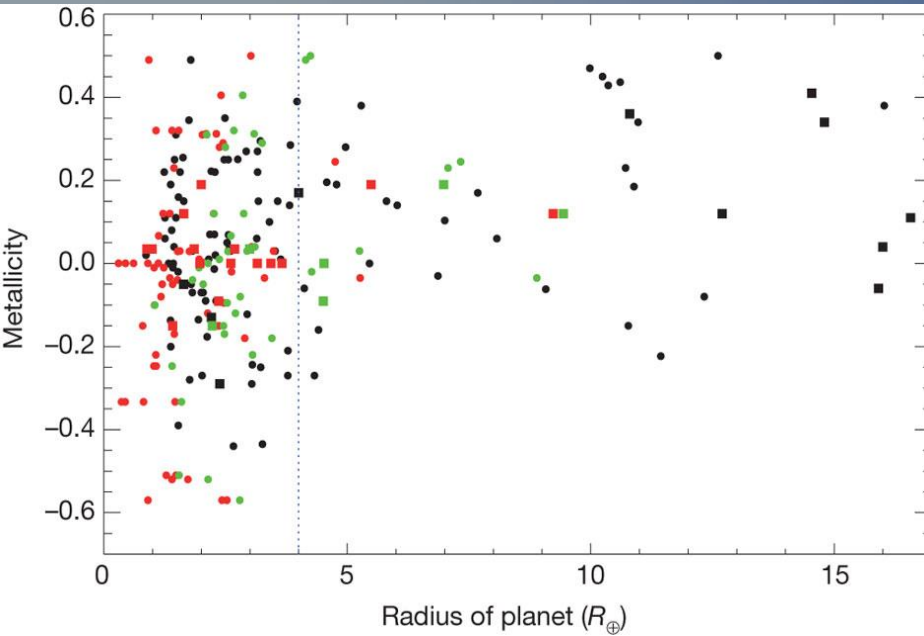
Elämänvyöhyke kaksoistähtien ympärillä

- Useimmat radat ovat liian kaoottisia
- Mikäli tähdet kaukana toisistaan voi kummallakin olla omat planeettakuntansa (vrt. Auringon planeetat ja jättiläisplaneettojen kuut).
- Mikäli tähdet ovat lähekkäin niitä voivat kiertää yhteiset planeetat.
- ”Troijalaiset planeetat”
- Kaksoistähtien ympäriltä on löytynyt planeettoja 76 järjestelmästä yhteensä 109 kpl
- Monitähtijärjestelmissä on löytynyt planeettoja 19 järjestelmästä 24 kpl

Metallisuuden vaikutus

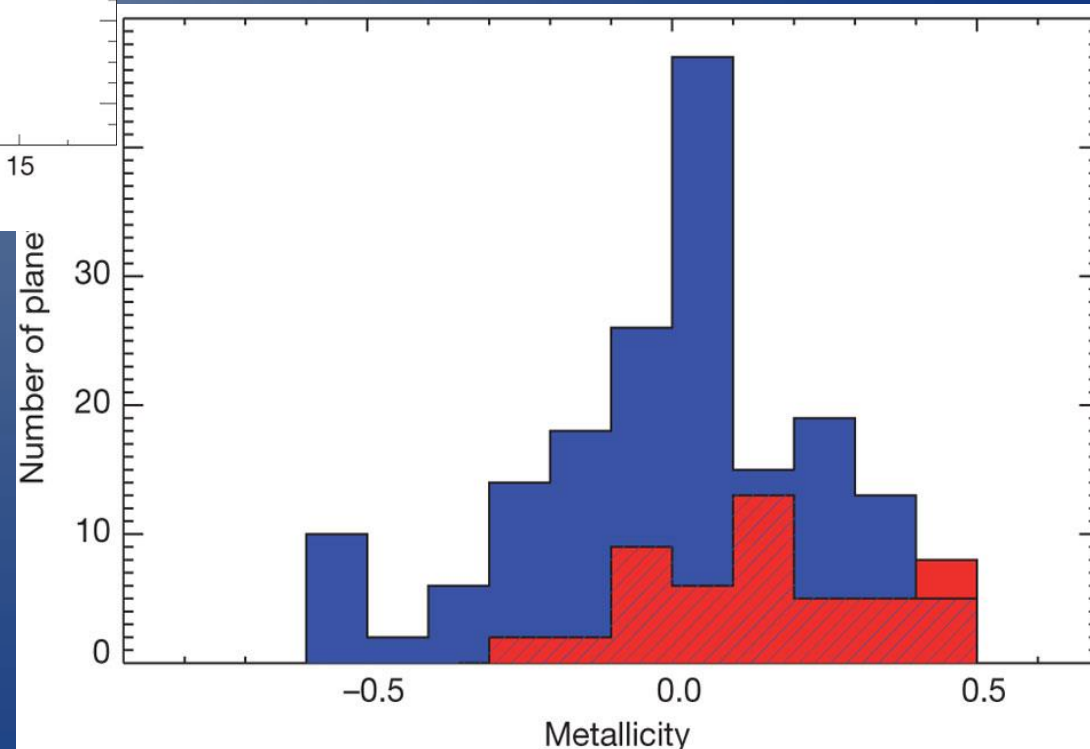
- Planeettoja etsitty kahdesta pallomaisesta tähtijoukosta (vähämetallisia): 47 Tuc ja M4
- 47 Tuc: Tarkkailtiin 40 000 tähteä, odotettiin Auringon lähiseudun planeettakuntien perusteella 30-40 planeettadeteksiota. Havaittiin *nolla*.
- M4:ssä $2M_J$ planeetta kiertämässä 13 miljardia vuotta vanhaa kaksoistähteä (valkoinen kääpiö ja neutronitähti).
- Normaalien tähtien läheisyydessä voimakas korrelaatio löydettyjen jättiläisplaneettojen ja tähden metallisuuden välillä – voisi johtua siitä että kaasuplaneettojen syntymisessä vesijää (ja näin ollen veden määrä) on sittenkin kriittisessä asemassa.

Metallien vaikutus Auringonkaltaisissa tähtien planeettojen esiintymisessä

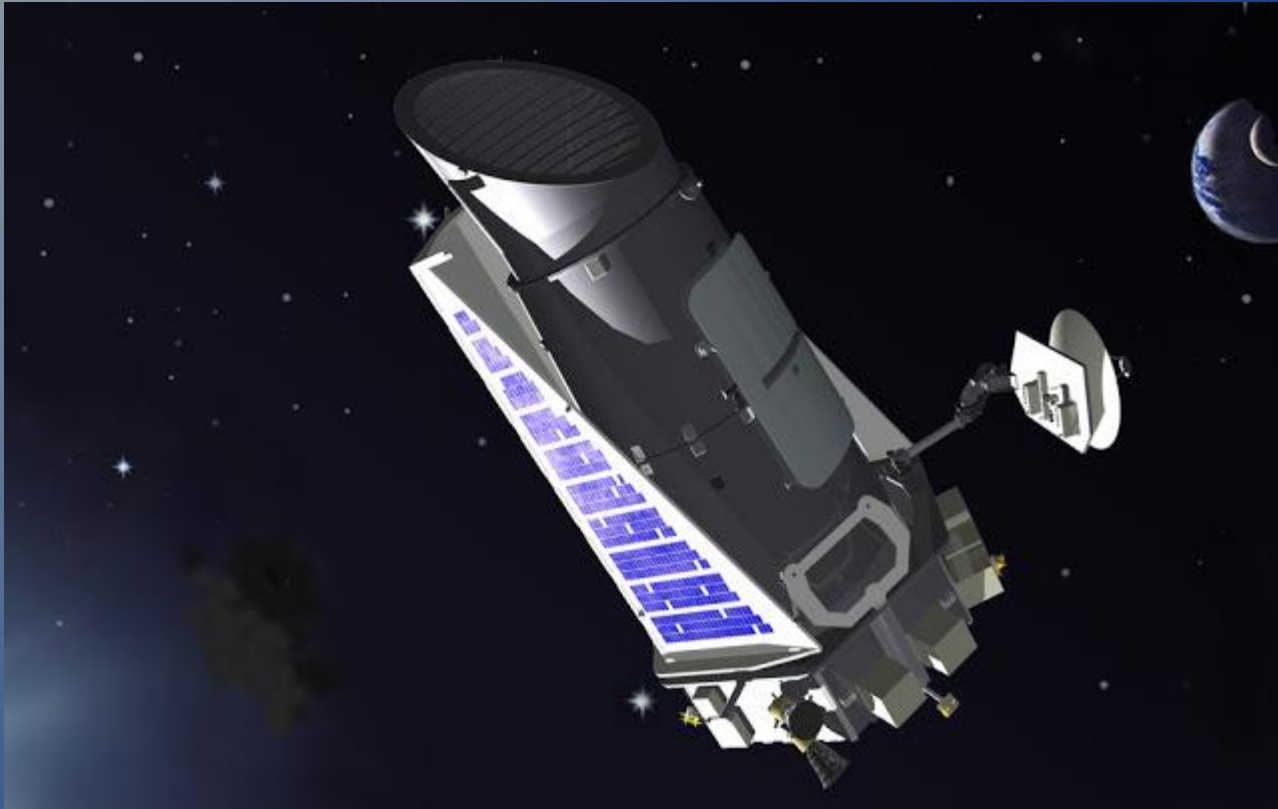


Pieniä planeettoja löytyy myös metalliköyhien tähtien ympäriltä
sini=pieniä, puna=isoja planeettoja

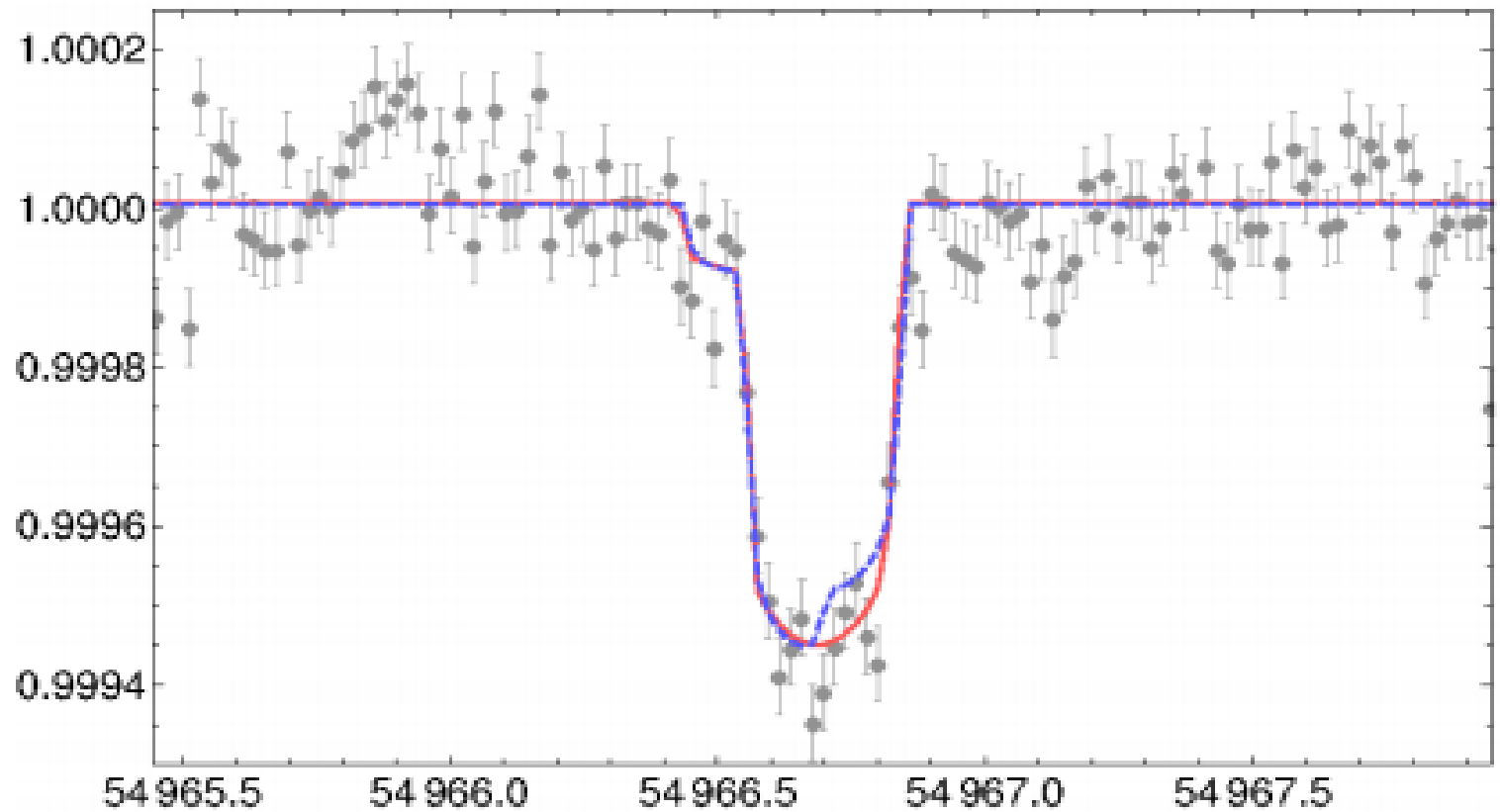
Bushhave et al Nature,486,
75–377 (21 June 2012)



Kepler satelliitti



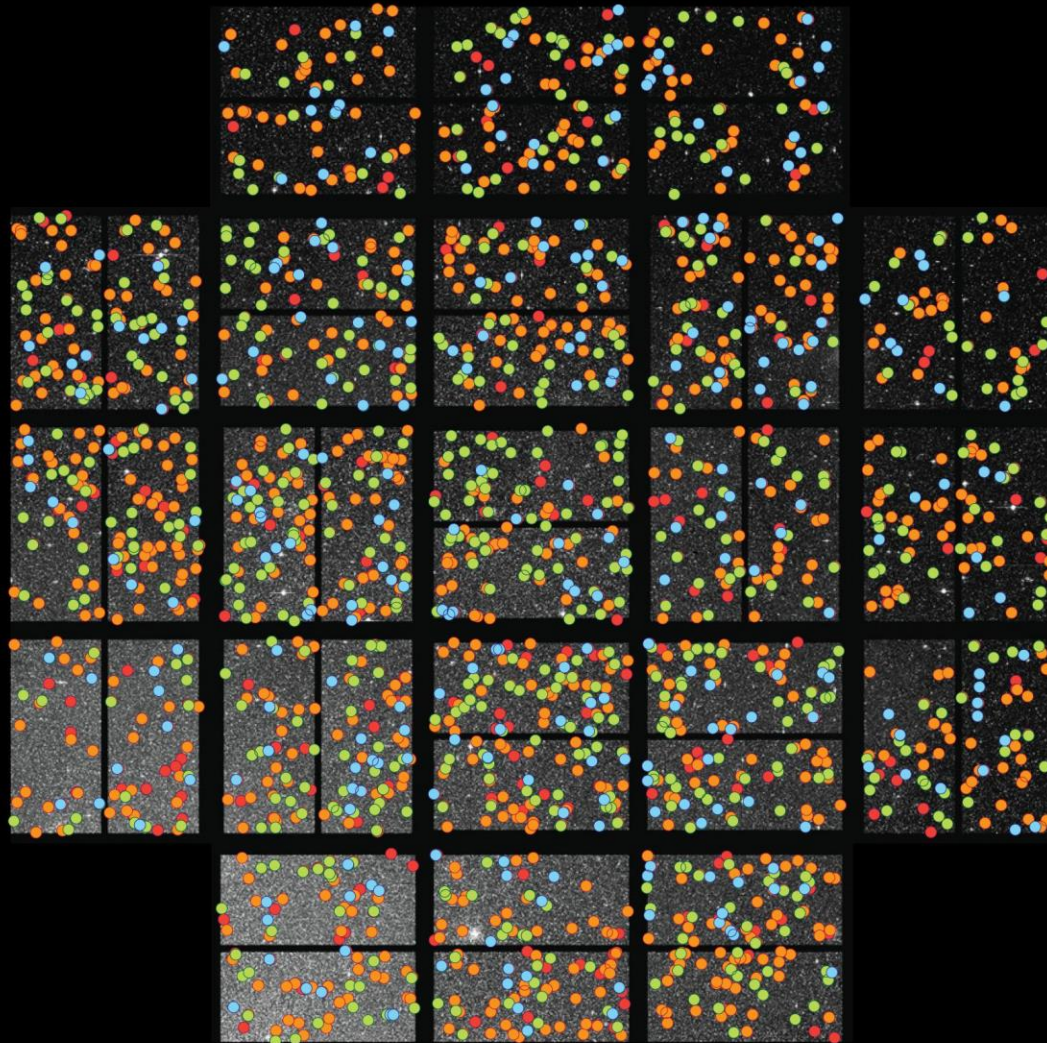
Wasp 12b 2013-02-27

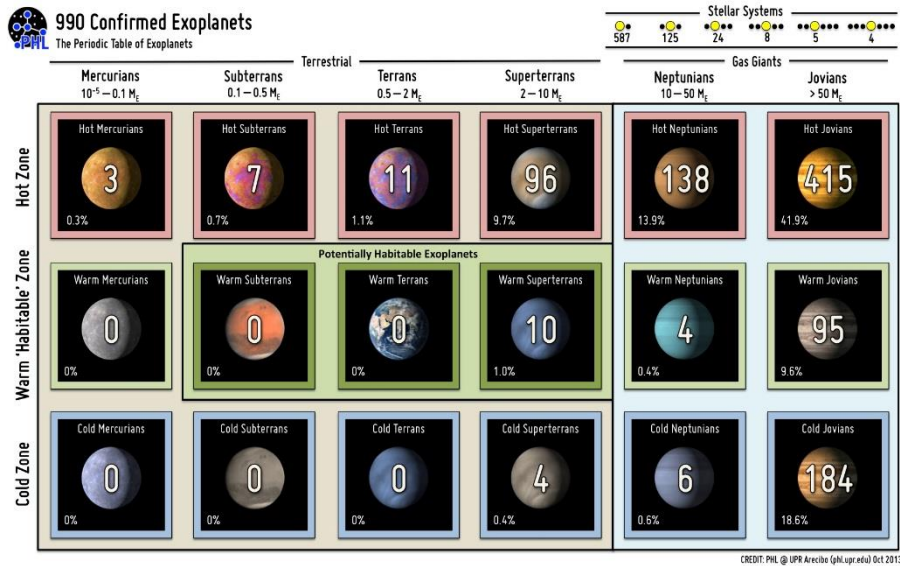


Locations of Kepler Planet Candidates

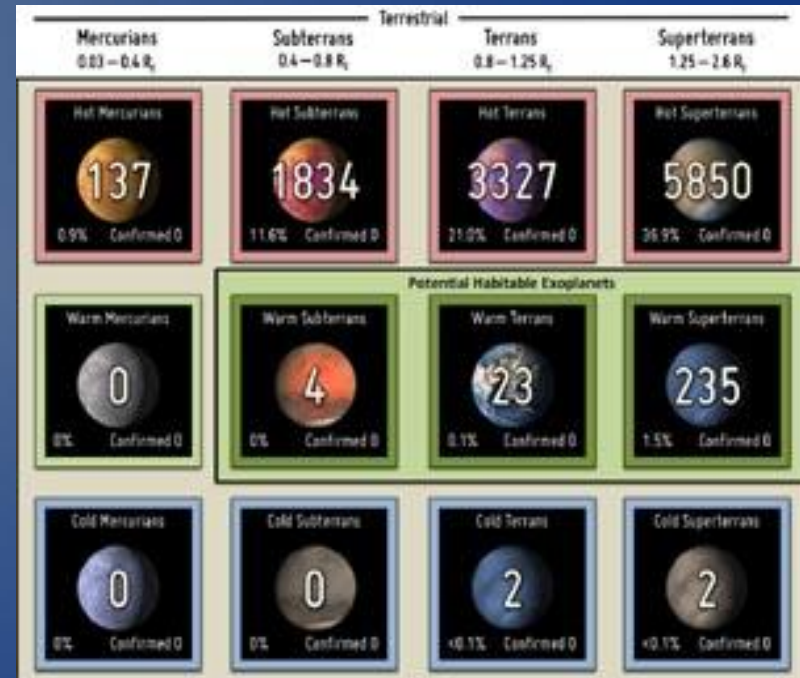
As of January 7, 2013

- Earth-size
- Super-Earth size
1.25 - 2.0 Earth-size
- Neptune-size
2.0 - 6.0 Earth-size
- Giant-planet size
6.0 - 22 Earth-size



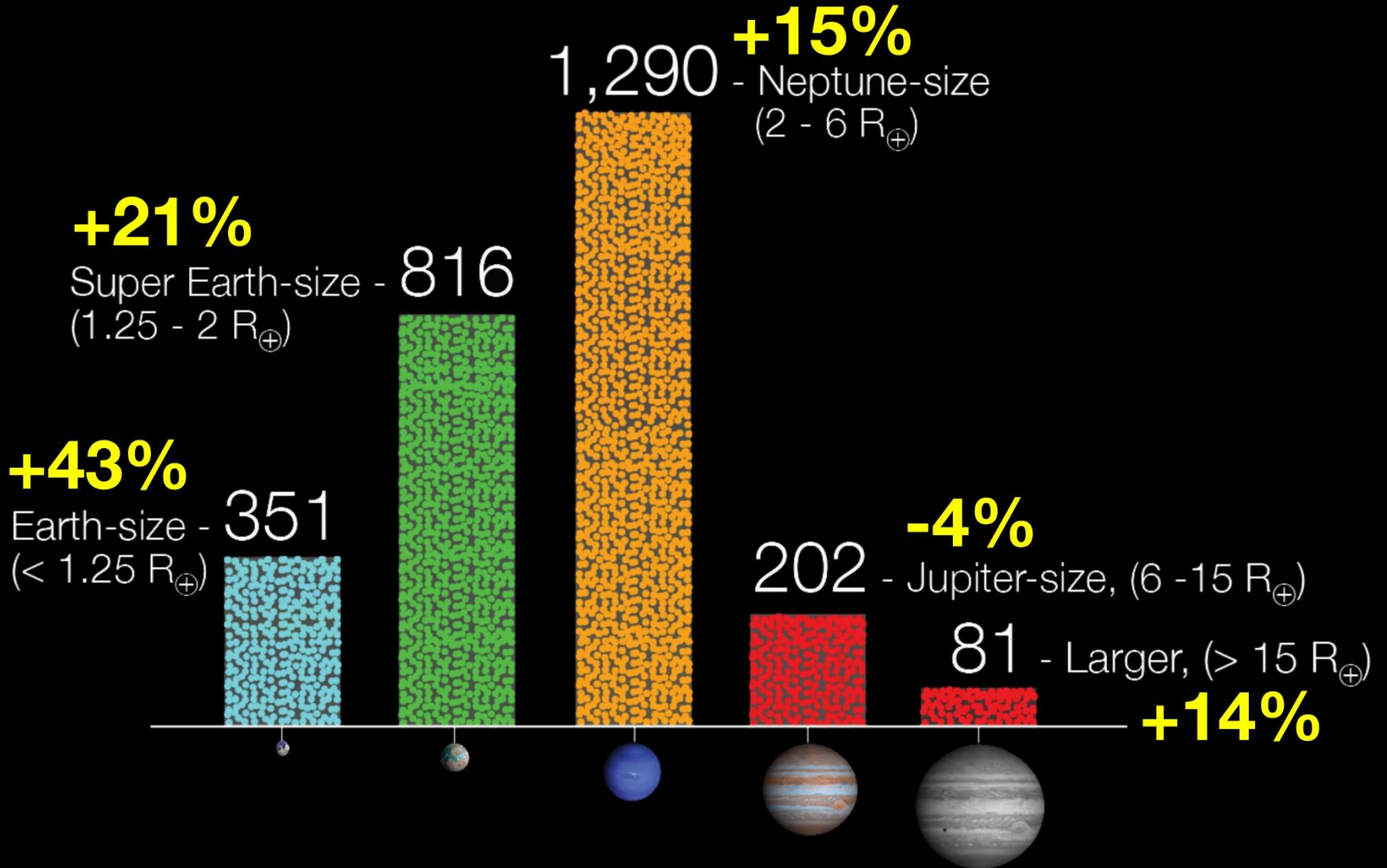


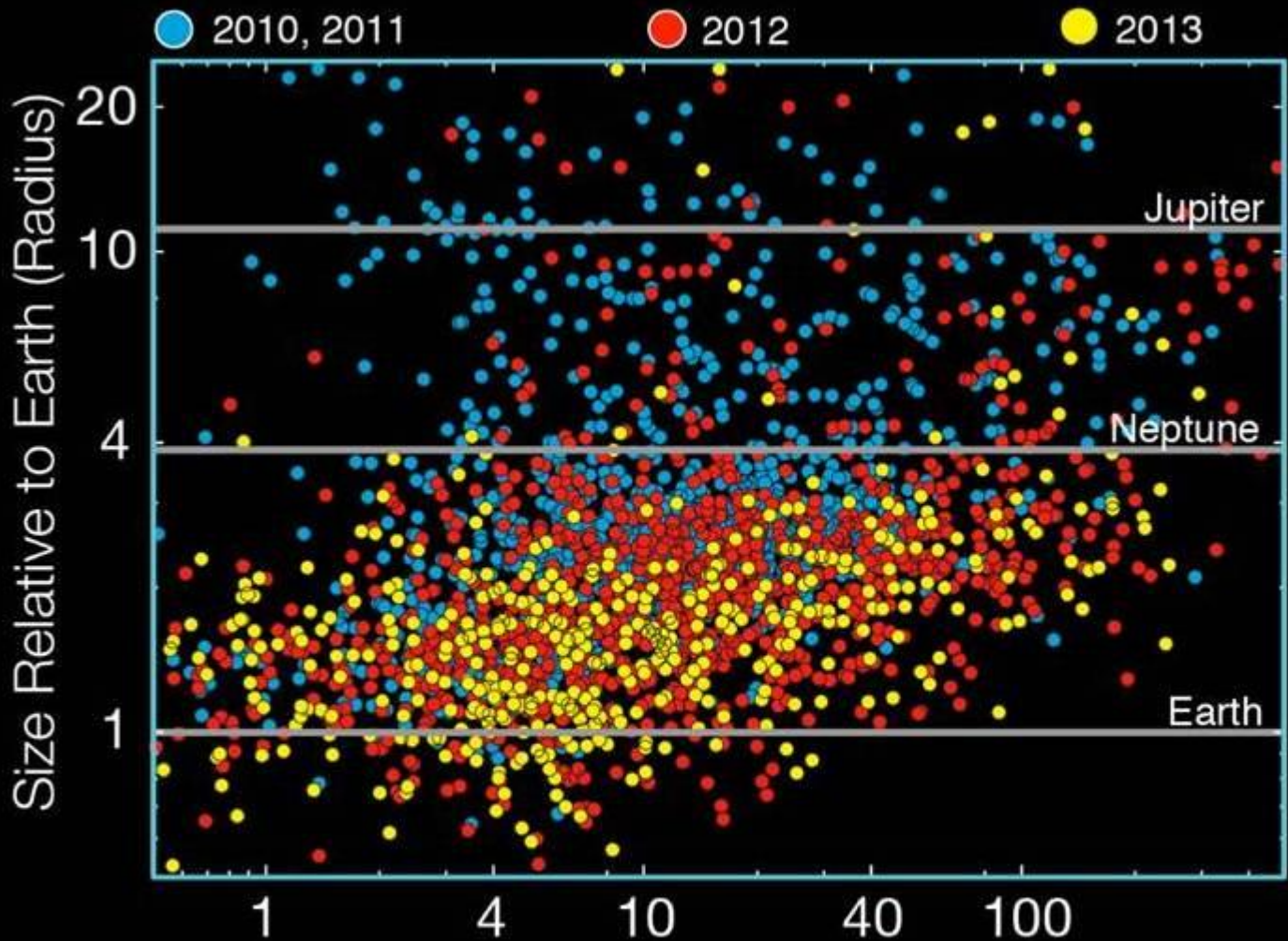
Keplerin planeetat



Sizes of Planet Candidates

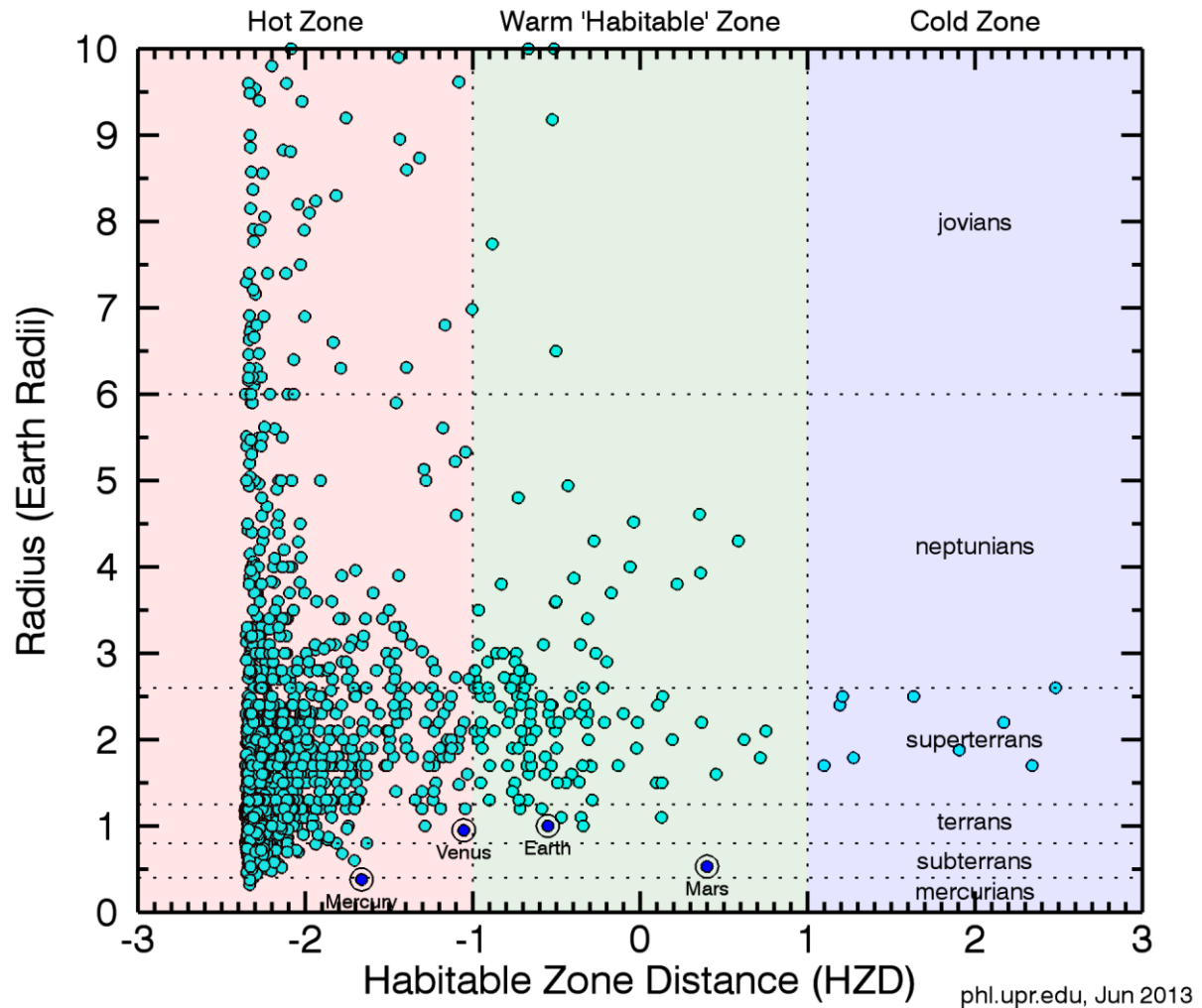
As of January 7, 2013








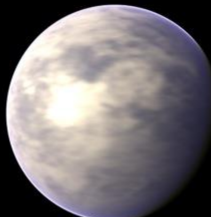
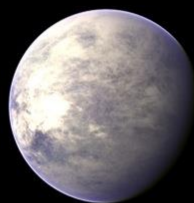

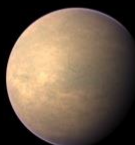
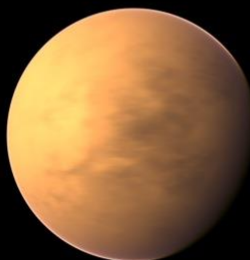
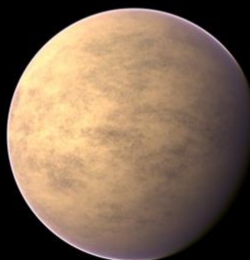
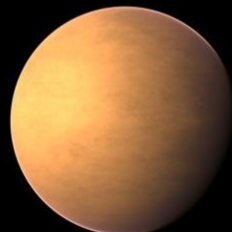
TOTAL = 2,740

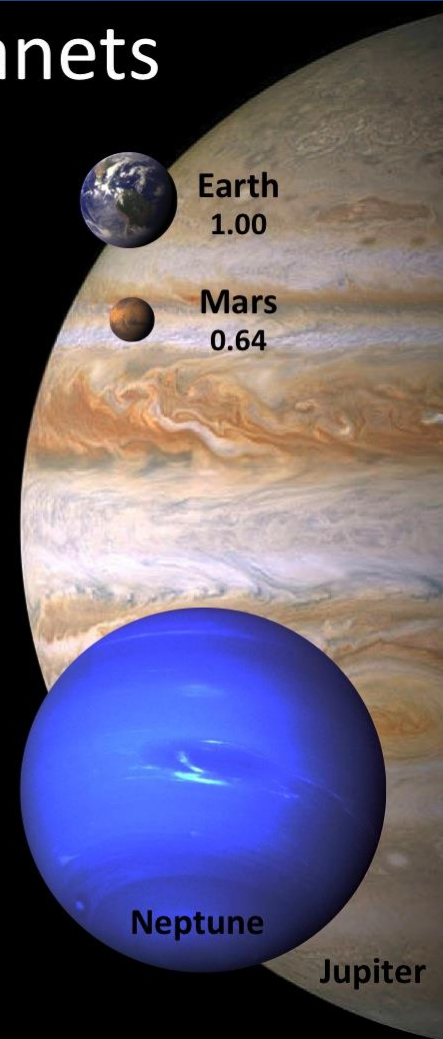
Orbital Period in Days



Current Potential Habitable Exoplanets

Ranked in Order of Similarity to Earth

#1	#2	#3	#4	#5
				
Kepler-62 e 0.82	Gliese 581 g* 0.82	Gliese 667C c 0.79	Kepler-22 b 0.75	Tau Ceti e* 0.74
#6	#7	#8	#9	#10
				
NEW Kepler-61 b 0.72	Kepler-62 f 0.69	Gliese 163 c 0.68	HD 40307 g* 0.67	Gliese 581 d 0.50



Earth
1.00

Mars
0.64

Neptune

Jupiter

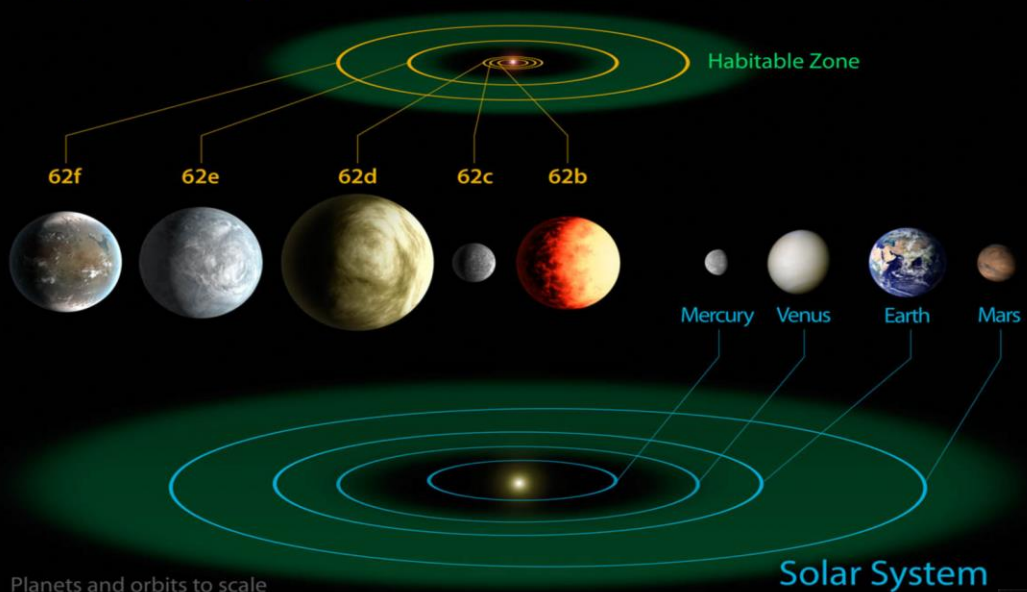
Number below the names is the Earth Similarity Index (ESI)

*planet candidates

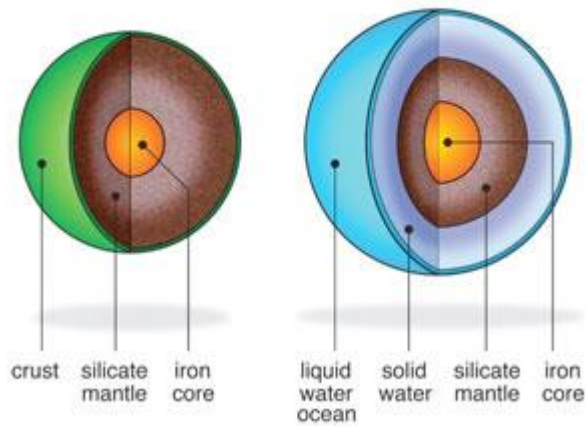
CREDIT: PHL @ UPR Arcibo (phl.upr.edu) April 26, 2013

Kepler

Kepler-62 System



Super-Earths



Galaksin elämän vyöhyke

- Galaksin keskusta ehkä liian ”aktiivinen”: Monet supernovat, kova säteily ja suuri tähtitiheys rajoittanevat GHZ:n sisäreunan 10 000 vv:een linnunradan keskustasta, toisaalta siellä on enemmän metalleja, mikä taas suosii planeettoja.
- Oma sijaintimme on noin 25 000 vv keskustasta.
- GHZ:n ulkoraja tulee vastaan kun metallien määrä putoaa liian alhaiseksi: Ei tarpeeksi happea ja hiiltä elämän synnylle (Pop II tähdet). Planeetan syntyminen vaikeutuu. Mahdolliselle syntyvälle planeetalle ei muodostu kuumaa raskasta radioaktiivista ydintä → ei magneettikenttää tai maanalaista lämpölähdettä (tektoninen toiminta, mustat savuaajat).



Miten tunnistan elävän planeetan?

(tai Kuun)

Mikä kaasu selviää ilmakehässä

- molekyylien liike-energia $\sim(3/2) kT$
- hiukkanen pakenee jos $\frac{1}{2} mv^2 > GMm/r$

pakonopeus

$$v_{\text{rms}} = (3kT/m)^{1/2}$$

H₂

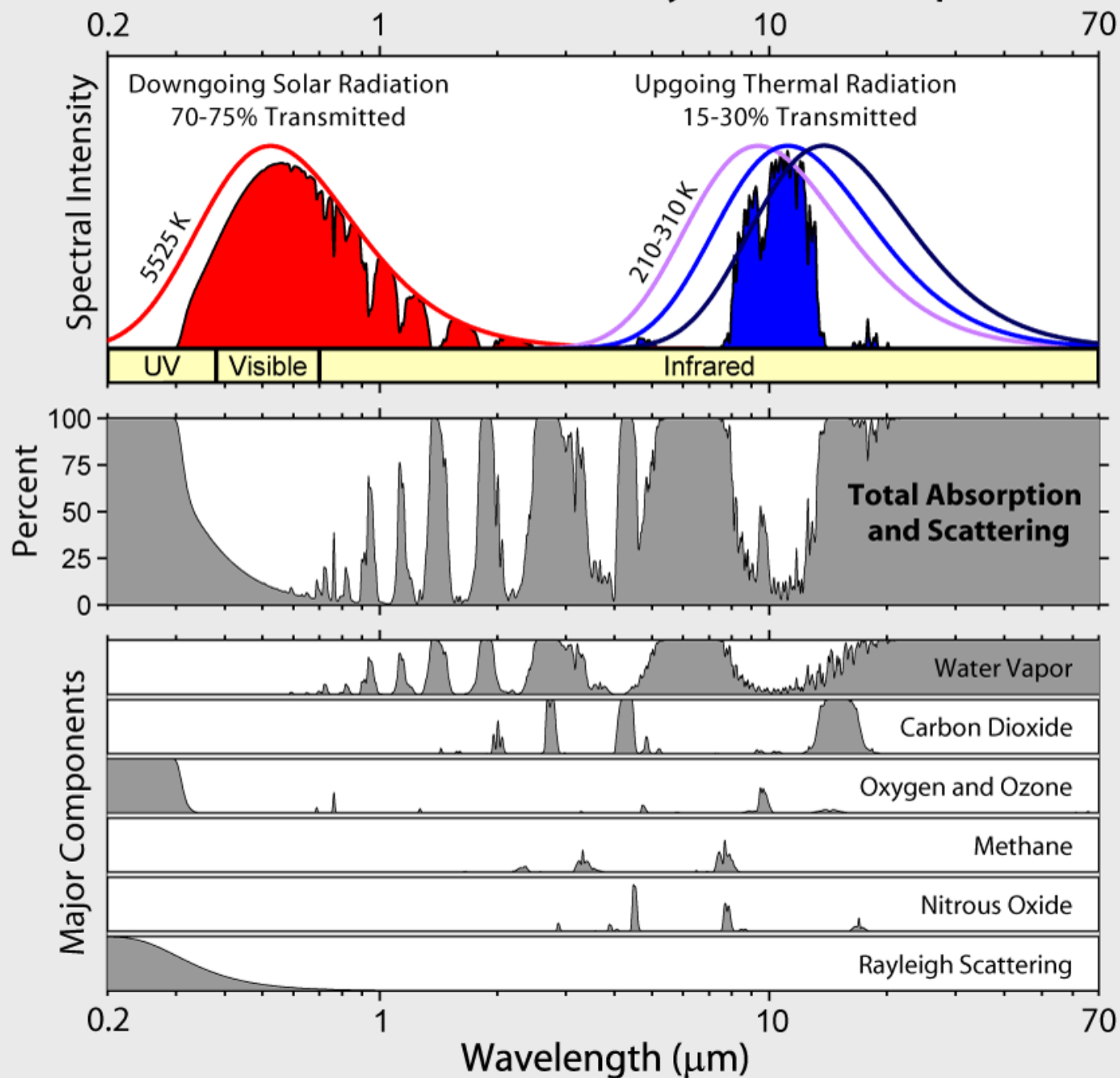
CH₄

- | | | | |
|-----------------|------|-----|------|
| • Titan 2.7km/s | 90K | 1.1 | 0.37 |
| • Mars 5.0km/s | 200K | 1.6 | 0.56 |
| • Maa 11.2km/s | 290K | 1.9 | 0.64 |

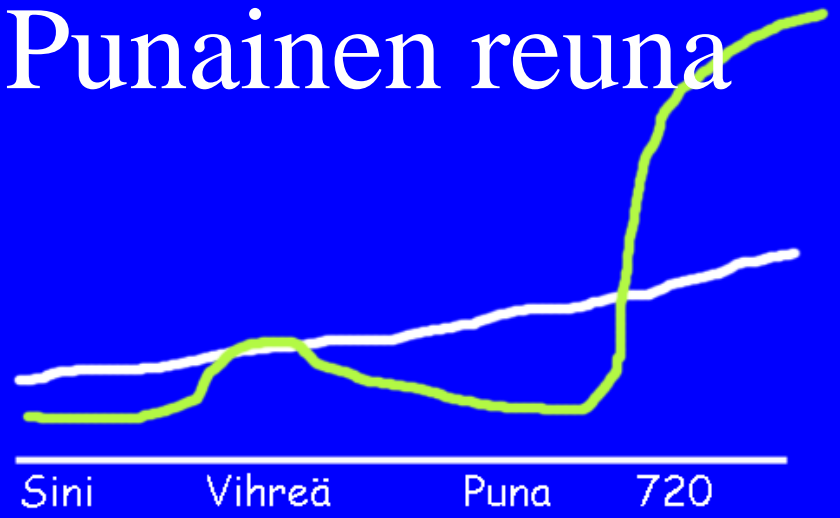
Miksi Marsissa metaani ei selviä mutta Titanissa selviää

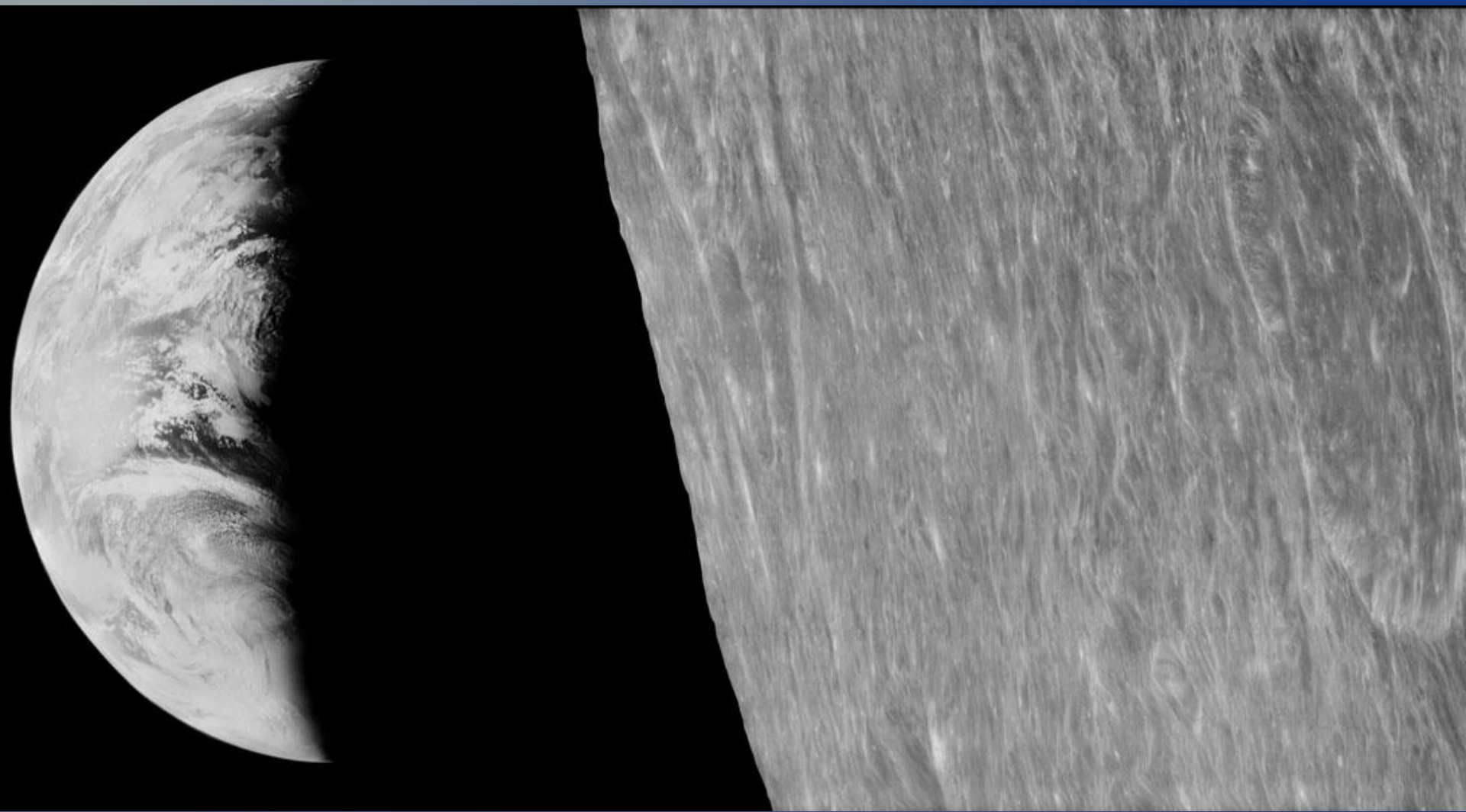
- Ero ilmakehissä
- N_2 , CO_2 , Ar eivät tee mitään metaanille
- H_2O_2 tai muut hapettavat aineet hävittävät metaanin Marsissa (aikaskaala 300 vuotta).
- Titanin olosuhteet ovat niin pelkistävät, että metaani ei tuhoudu nopeasti.

Radiation Transmitted by the Atmosphere

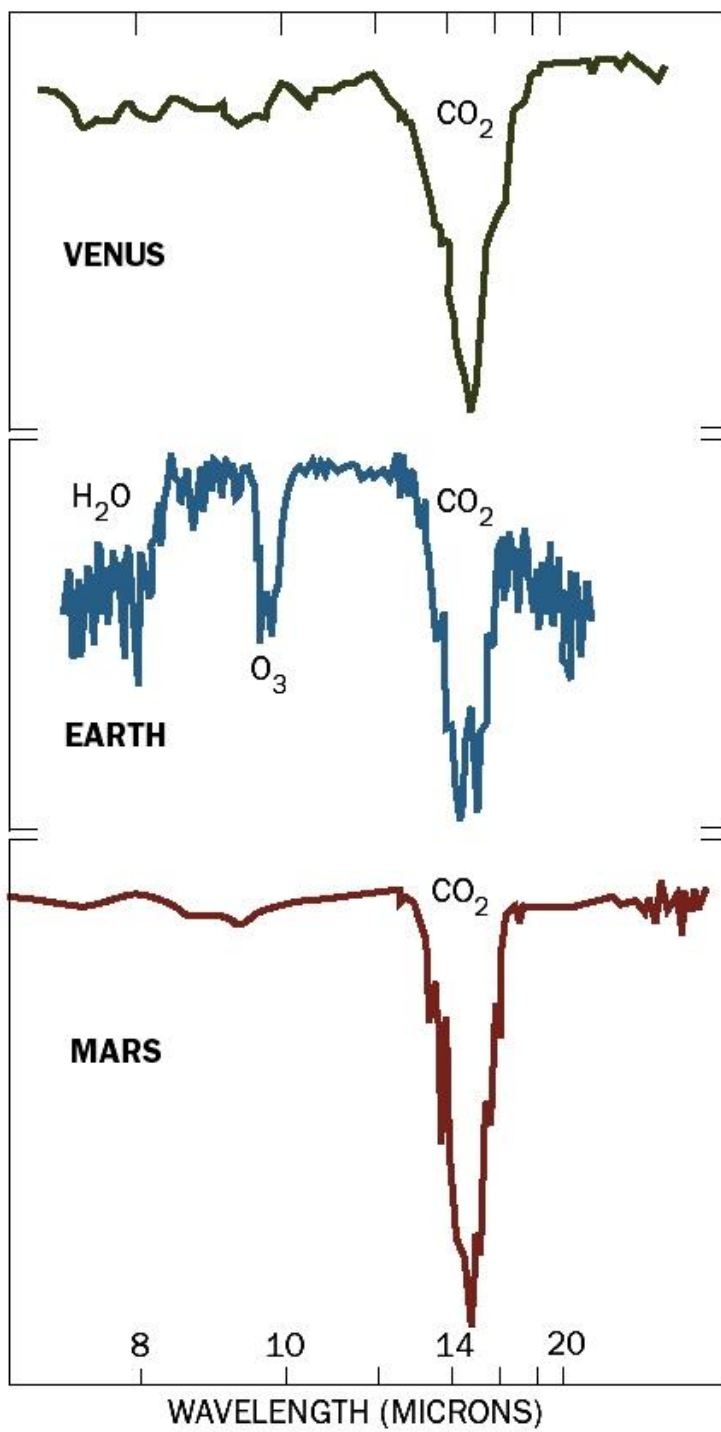


Punainen reuna

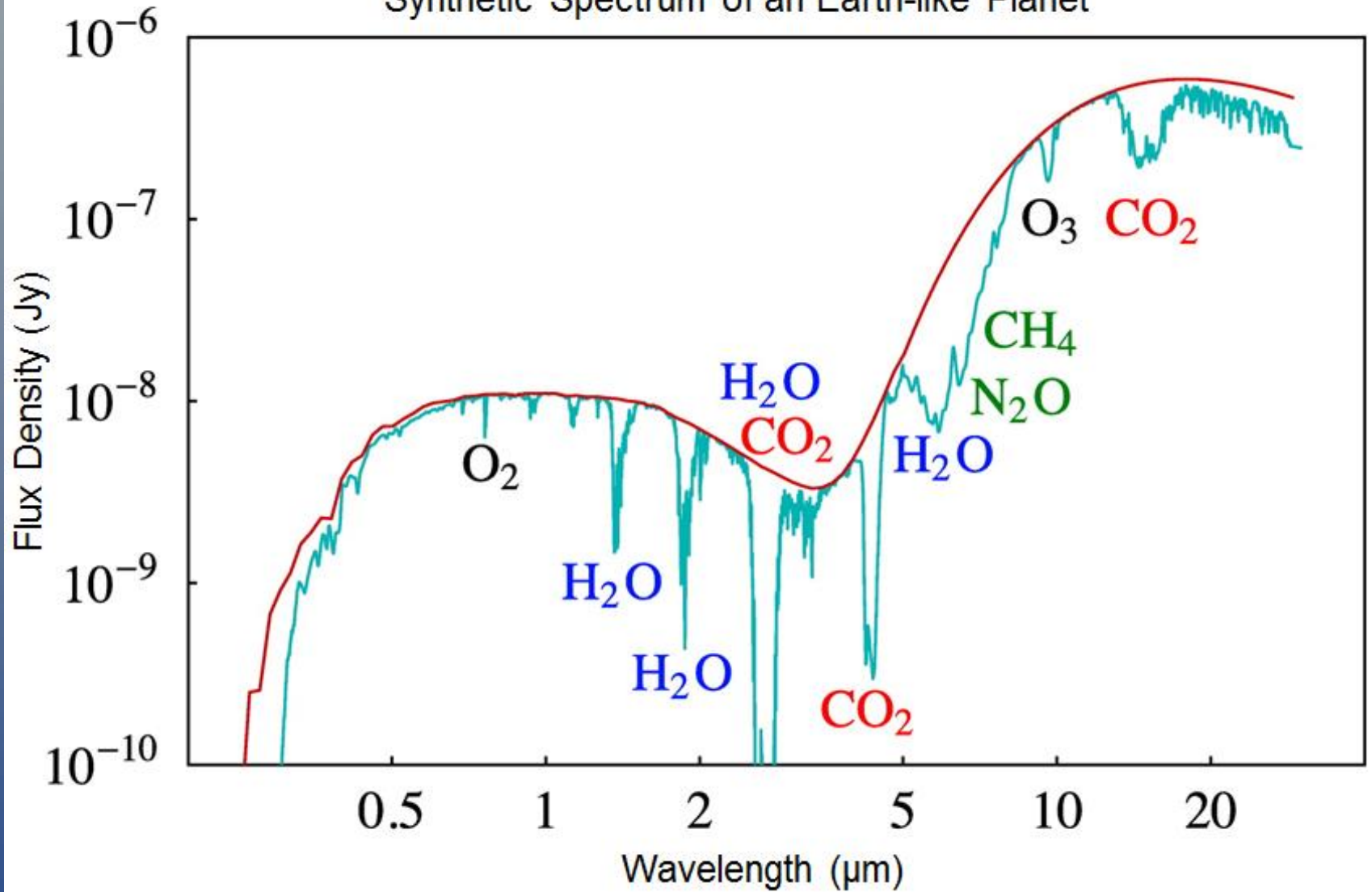


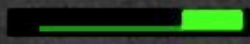


Lunar orbiter 1 1986-08-23/NASA



Synthetic Spectrum of an Earth-like Planet





1/100 mm

