



TELESCOPIO
NAZIONALE
GALILEO



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTRONOMIA



CONCORSO GIOVANI ASTRONOMI AL TELESCOPIO NAZIONALE GALILEO

II EDIZIONE, 2025

RICCARDO SPINELLI PRESENTA

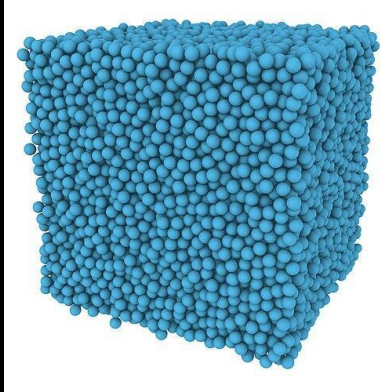
PIANETI EXTRA-SOLARI

28 APRILE, ORE 10:30

Un pianeta extrasolare è un pianeta che orbita attorno ad una stella che non è il Sole (può essere una stella di sequenza principale, ma anche una stella di neutroni, una nana bianca ecc): è dunque un oggetto sferoidale, la sua massa deve essere abbastanza grande da aver “ripulito” la sua orbita ma non troppo grande da innescare processi di fusione nucleare al suo interno (13 masse gioviane = 4134 masse terrestri)

In realtà esistono anche “esopianeti erranti” o “solitari” che probabilmente si sono formati in un sistema planetario ma che poi sono stati espulsi.

Atomisti: Democrito (470-350 a.C. circa), Leucippo (460- 370 a.C. circa), Epicuro (341-270 a.C.)



Credit: Eric Hahn, CC BY-SA 4.0



Credit: HDblog

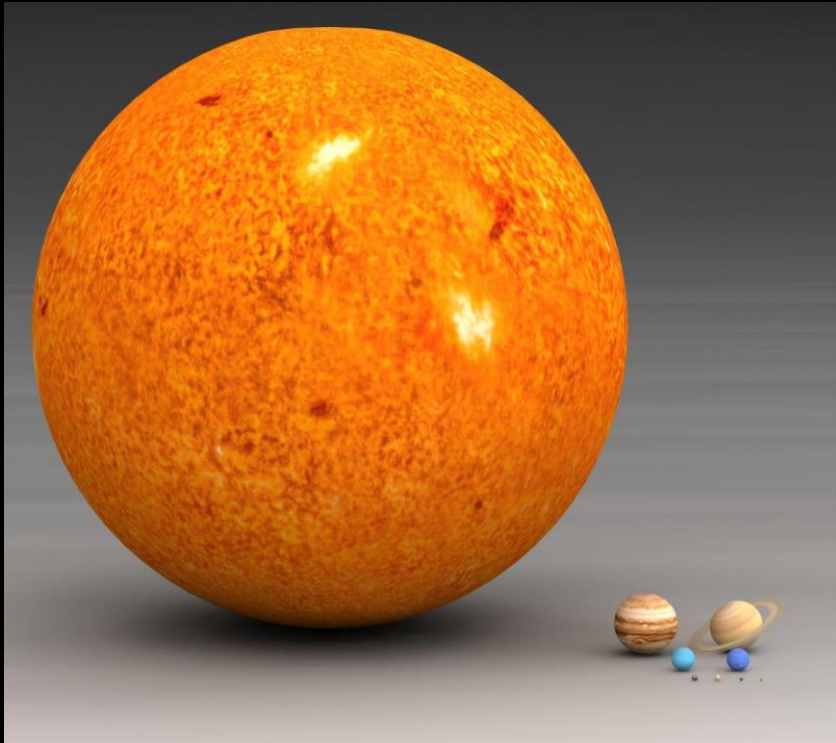
Lucrezio, De Rerum Natura, Il libro (70 a.C):

“Se tanto il numero dei nuclei creatori che tutta l’età dei viventi non basta a contarli, se la stessa forza permane che possa gli stessi elementi riunire ovunque al modo che qui li ha riuniti , è certo, che altrove ci sono altre terre e altri mari, altre forme ci sono di animali e di uomini”.

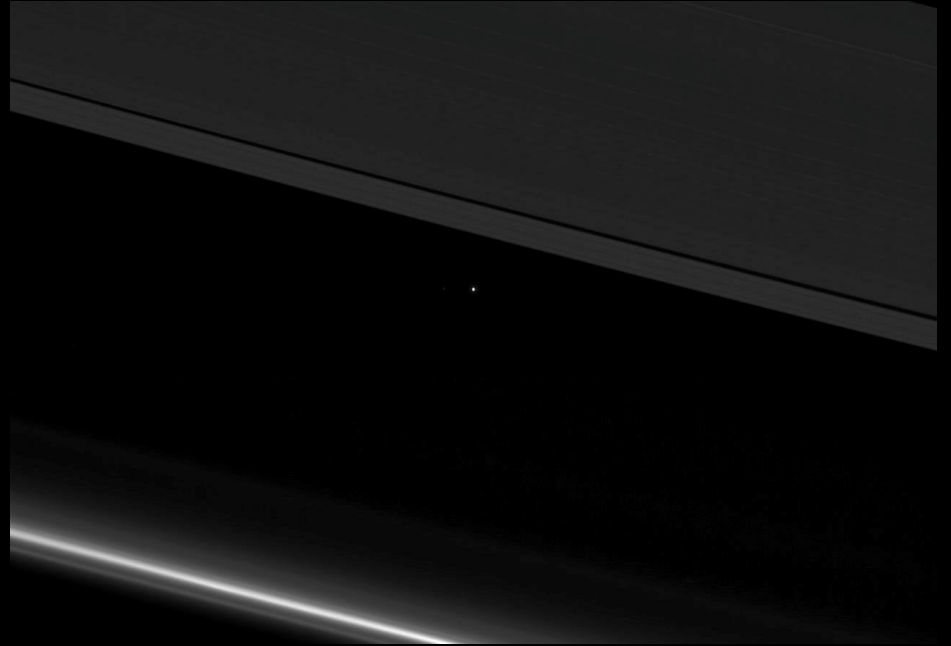
“Sono dunque soli innumerabili, sono terre infinite, che similmente circuiscono quei soli; [...] noi vediamo gli soli, che son gli più grandi, anzi grandissimi corpi, ma non vediamo le terre, le quali, per essern corpi molto minori, sono invisibili [...] o per lontananza maggiore o per quantità minore...” - De l’infinito, universo et mondi, Giordano Bruno (1548 – 1600)



Credit: Wikimedia Commons



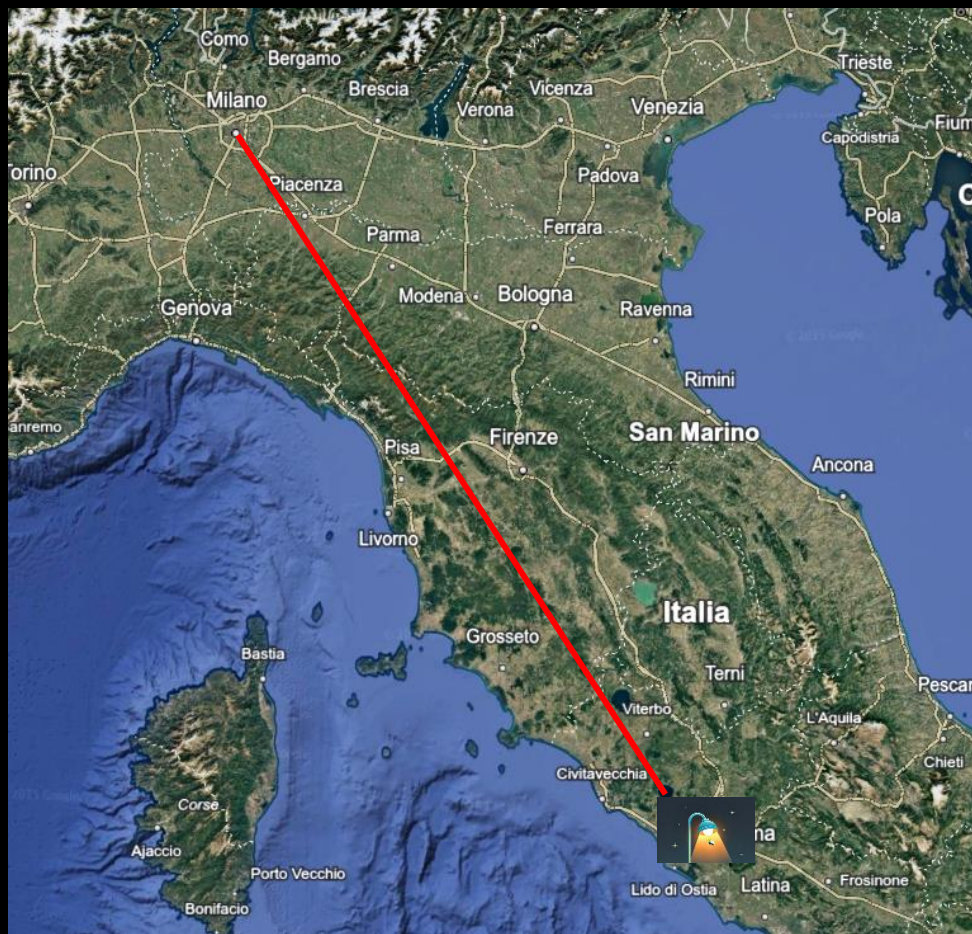
Credit: Lsmpascal, CC BY-SA 3.0



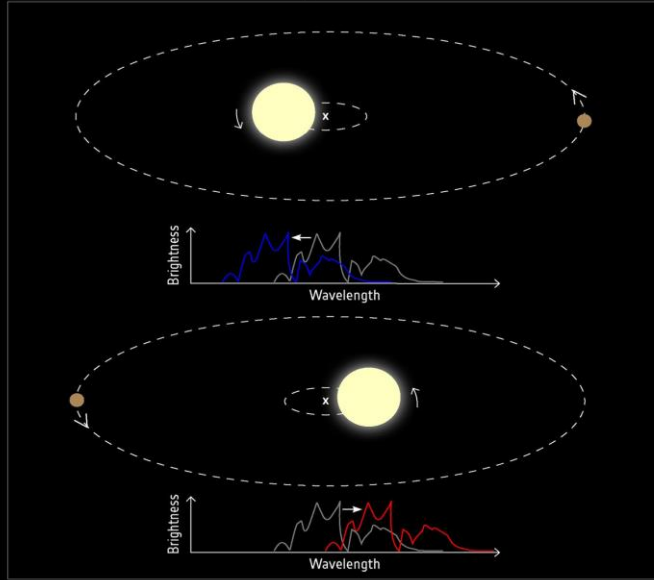
Credit: NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute

Terra-Saturno: 1.4 miliardi di km

Terra-Proxima Centauri: 38000 miliardi di km

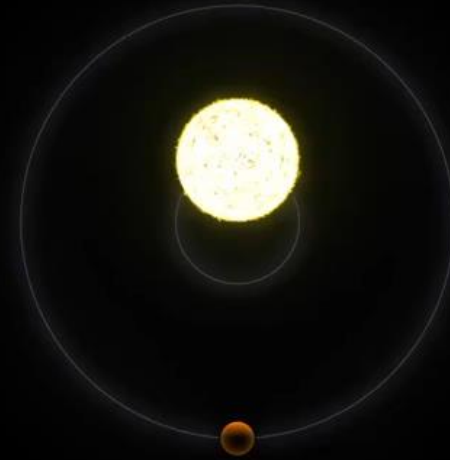


Il metodo delle velocità radiali



Credit: ESA

**Proxima Centauri b: il pianeta
«potenzialmente abitabile» più vicino a noi.**



Credit: NASA

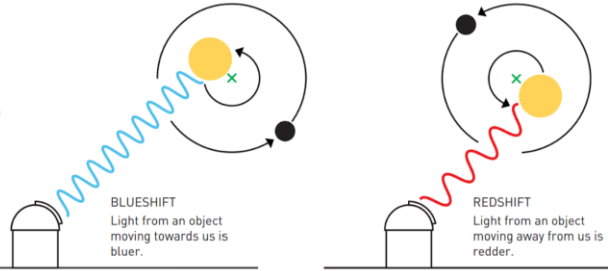
- **Limite inferiore sulla massa del pianeta.**
- **Favoriti: pianeti massicci, vicini alla stella, orbitanti attorno a stelle poco massicce, fredde, vecchie, brillanti.**
- **Non può essere utilizzato per sistemi con piano orbitale perpendicolare alla linea di vista.**

Credit: Nobel Prize

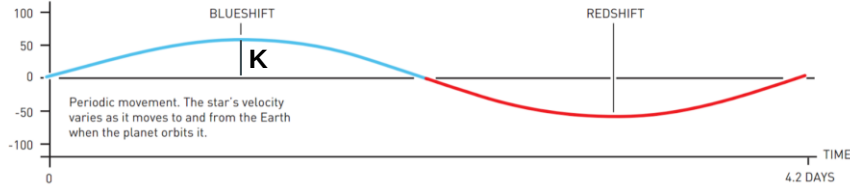
FINDING PLANETS USING THE RADIAL VELOCITY METHOD

● STAR ● EXOPLANET ✕ CENTRE OF MASS

The star moves as it is affected by the gravity of its planet. Seen from the Earth, the star wobbles backwards and forwards in the line of sight. The speed of this movement, its radial velocity, can be determined using the Doppler effect, because the light from a moving object changes colour.

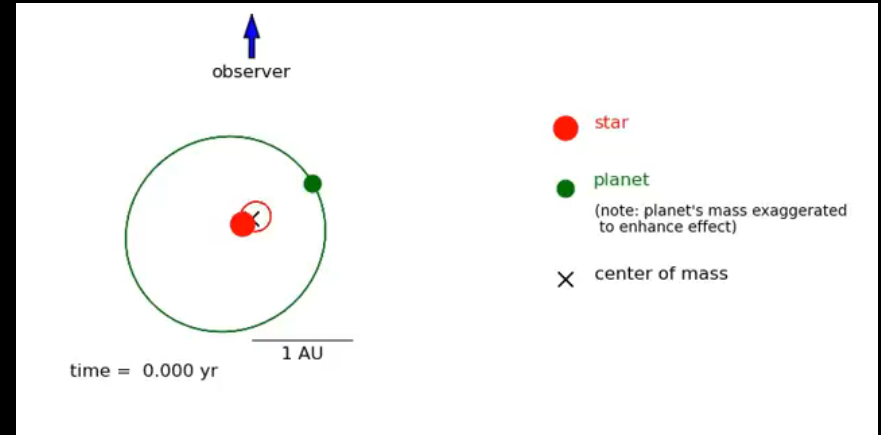


THE STAR'S VELOCITY TOWARDS THE EARTH (M/S)



© Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

$$K = \left(\frac{2\pi G}{P} \right)^{1/3} \frac{M_p \sin i}{(M_\star + M_p)^{2/3}} \frac{1}{(1 - e^2)^{1/2}}$$



Credit: Mike Zingale, YouTube

W. D. COCHRAN AND A. P. HATZES

Table I
Radial Velocity Signals of the Planets

Planet	M_p (M_J)	R (AU)	P (years)	$\Theta_\star$ at 10 pc (mas)	$V_\star$ (ms^{-1})
Mercury	1.74E-4	0.387	0.241	6.4E-6	0.008
Venus	2.56E-3	0.723	0.615	1.8E-4	0.086
Earth	3.15E-3	1.000	1.000	3.0E-4	0.089
Mars	3.38E-4	1.524	1.881	4.9E-5	0.008
Jupiter	1.0	5.203	11.86	0.497	12.4
Saturn	0.299	9.54	29.46	0.273	2.75
Uranus	0.046	19.18	84.01	0.084	0.297
Neptune	0.054	30.06	164.8	0.156	0.281
Pluto	6.3E-6	39.44	247.7	2.4E-5	3E-5

Il metodo delle velocità radiali: un piccolo esperimento...



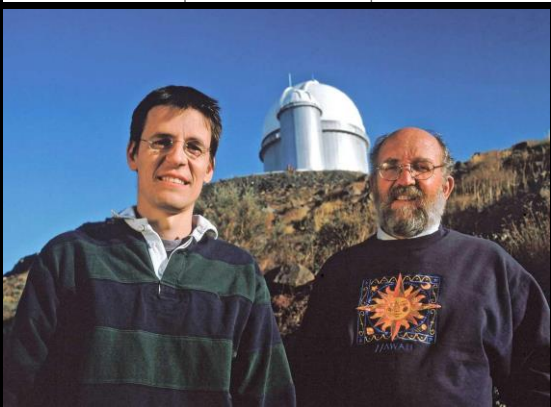
Pepite di scienza di Simone Baroni: <https://www.youtube.com/watch?v=DYKTCK4KxUw>

Published: 01 November 1995

A Jupiter-mass companion to a solar-type star

Michel Mayor & Didier Queloz

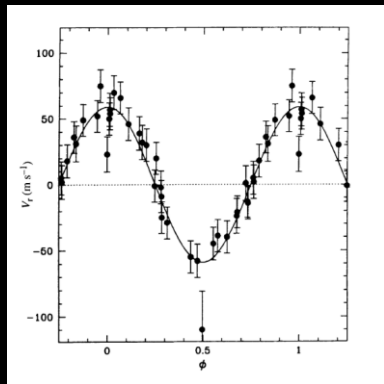
Nature 378, 355–359 (1995) | [Cite this article](#)



Credit: Wikimedia Commons



Credit: ESA



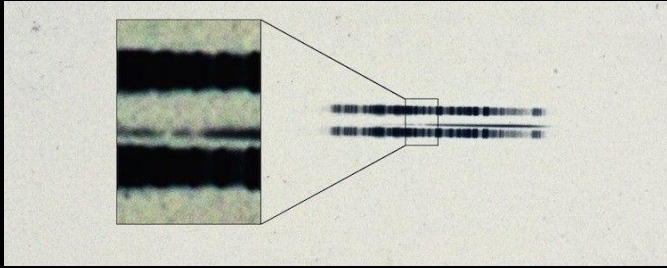
Mayor & Queloz, 1995



Credit: Nobel Prize

HARPS-N: High Accuracy Radial velocity Planet Searcher for the Northern hemisphere.

Stella di Van Maanen, nana bianca con fotosfera inquinata di metalli: 1917 (Walter Adams)



Credit: Carnegie Institution for Science

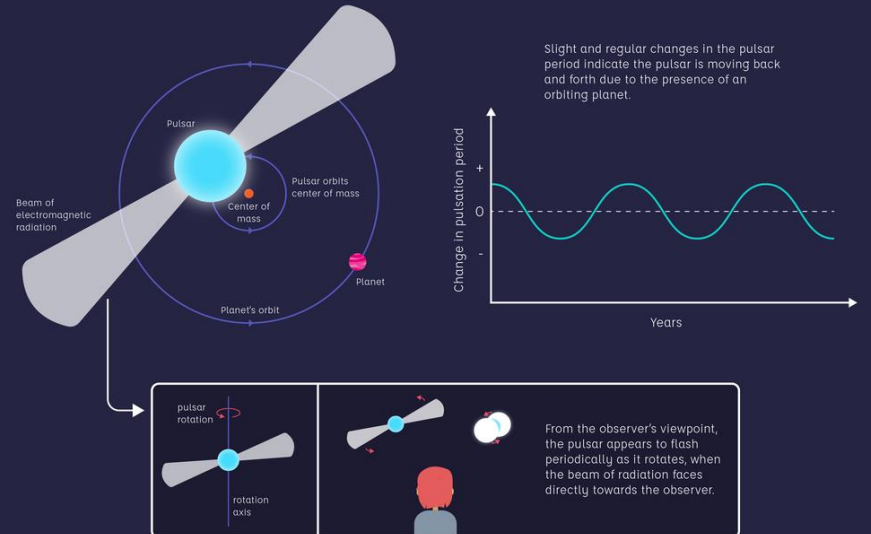
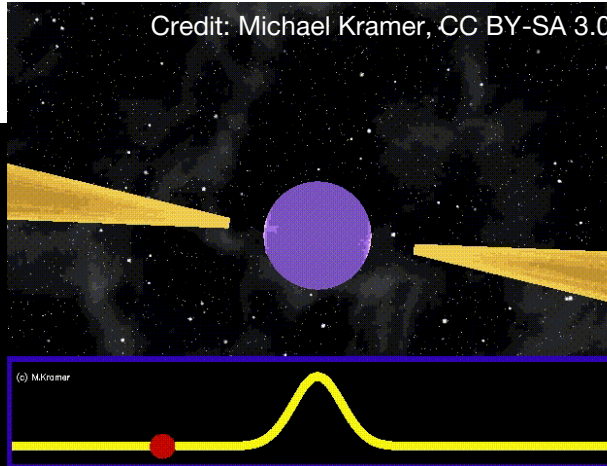
<https://science.nasa.gov/universe/exoplanets/overlooked-treasure-the-first-evidence-of-exoplanets/>

Letter | Published: 09 January 1992

A planetary system around the millisecond pulsar PSR1257 + 12

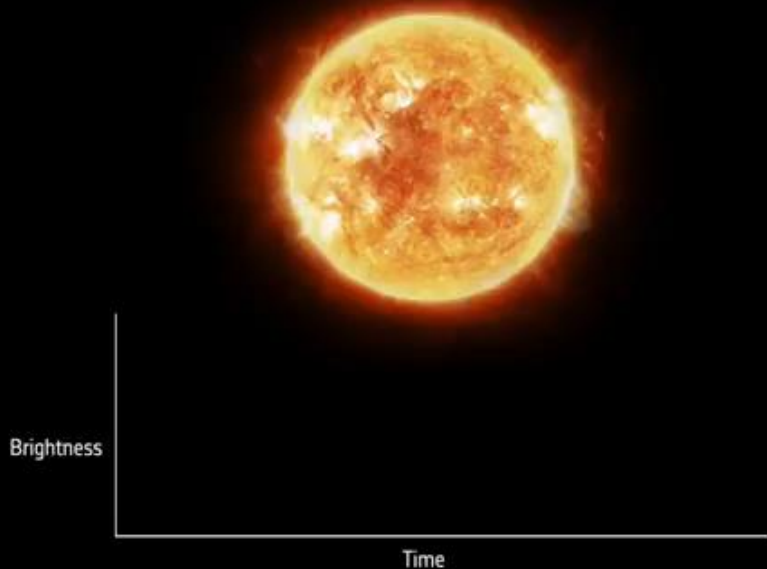
Credit: Michael Kramer, CC BY-SA 3.0

A. Wolszczan & D. A. Frail



Credit: starlust.org

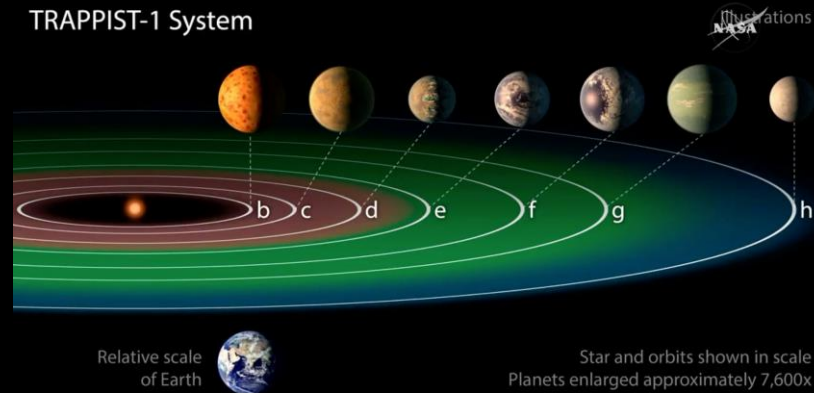
Il metodo dei transiti



Credit: ESA

- Stima del raggio del pianeta.
- Favoriti: pianeti grandi, orbitanti attorno a stelle piccole, fredde, vicini alla stella, vecchie e brillanti.
- Non può essere utilizzato per sistemi con piano orbitale perpendicolare alla linea di vista.
- Kepler (2009-2018): 2342 esopianeti
- Trappist-1

TRAPPIST-1 System



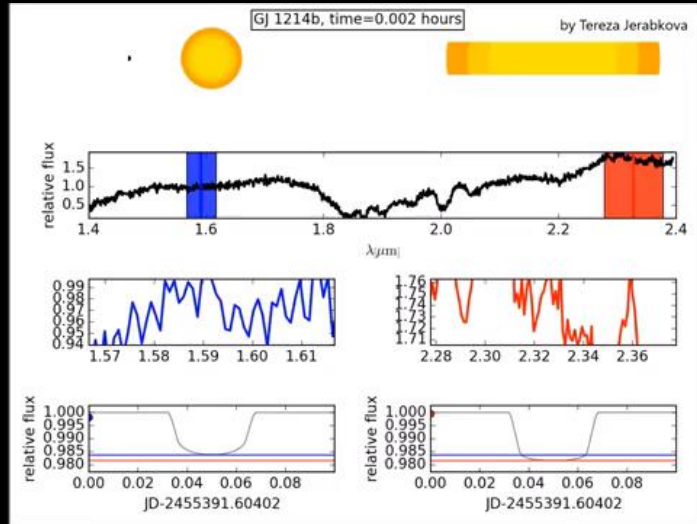
Relative scale
of Earth



Star and orbits shown in scale
Planets enlarged approximately 7,600x

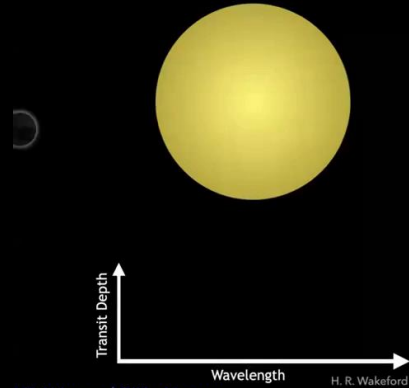
Credit: NASA

Spettroscopia di trasmissione



Credit: Tereza Jerabkova, YouTube

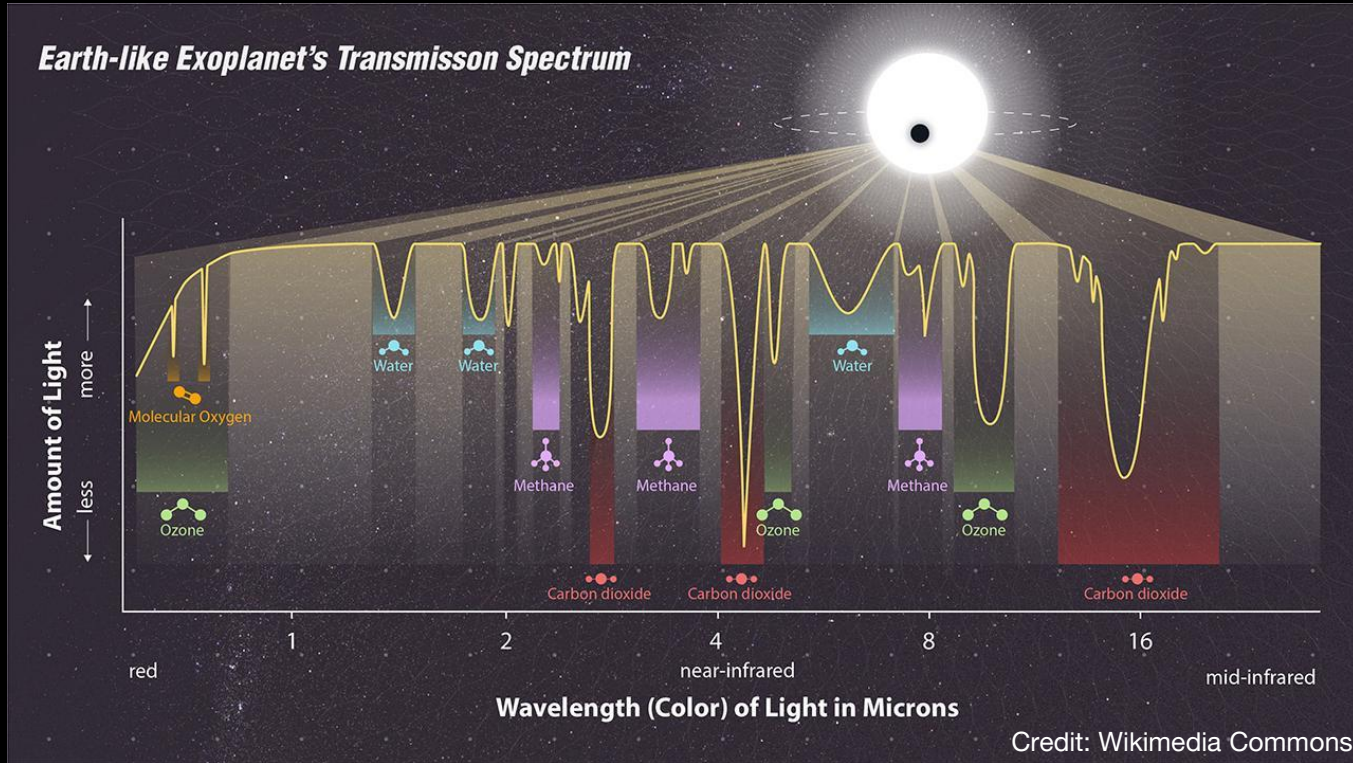
Transmission Spectroscopy



Lili Alderson | @lili_alderon

Credit: NASA

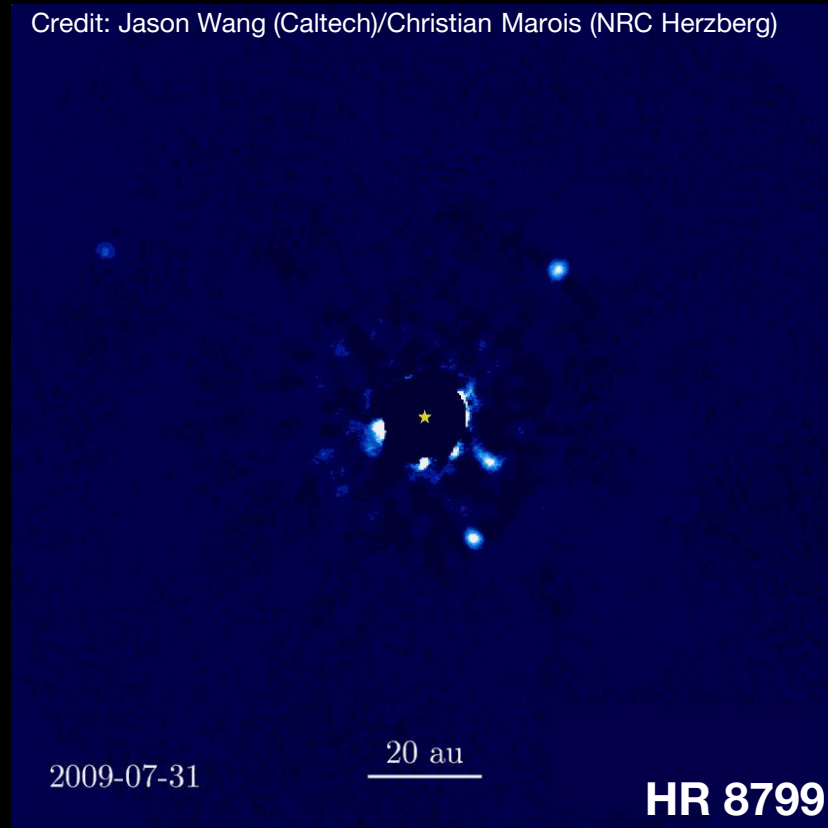
Spettroscopia di trasmissione



Qualche decina di pianeti: pianeti caldi, vicini alla loro stella, grandi, attorno a stelle piccole, vecchie, brillanti

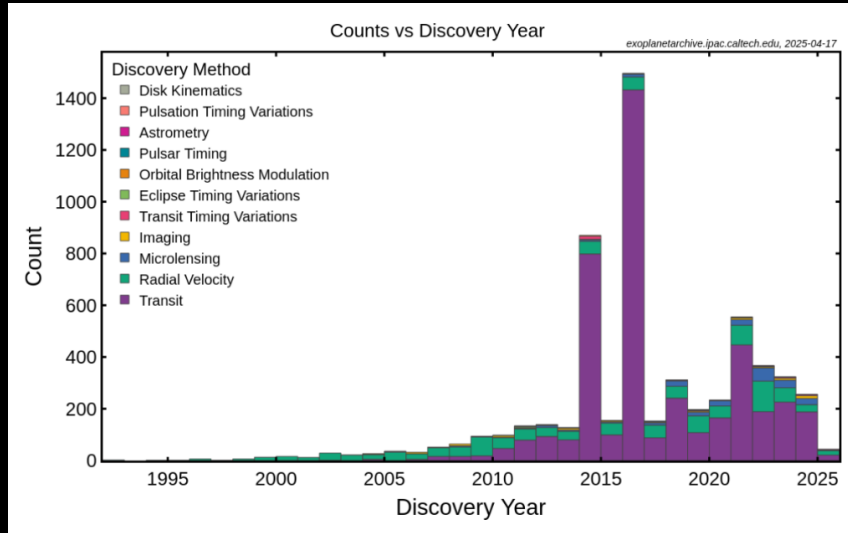
Direct imaging

Credit: Jason Wang (Caltech)/Christian Marois (NRC Herzberg)

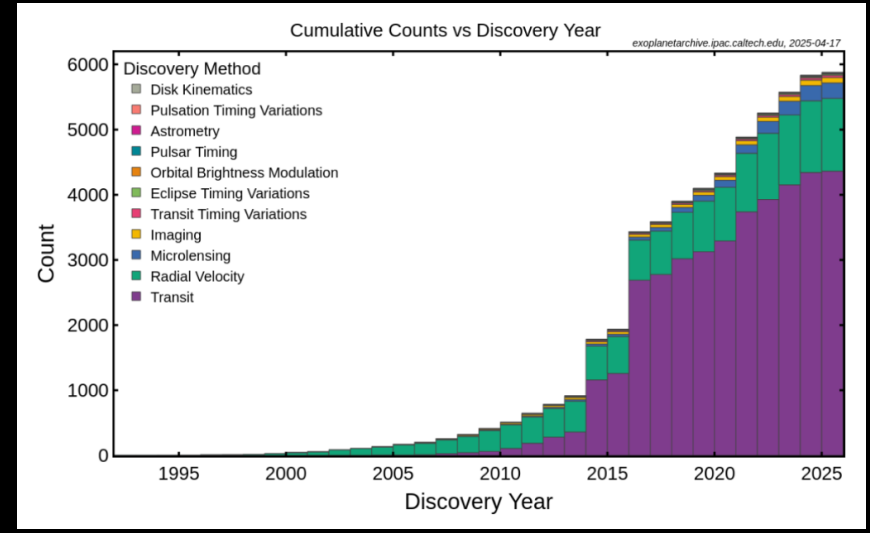


Favoriti: pianeti giovani , lontani dalla stella e vicini a noi.

Pianeti scoperti



Credit: NASA



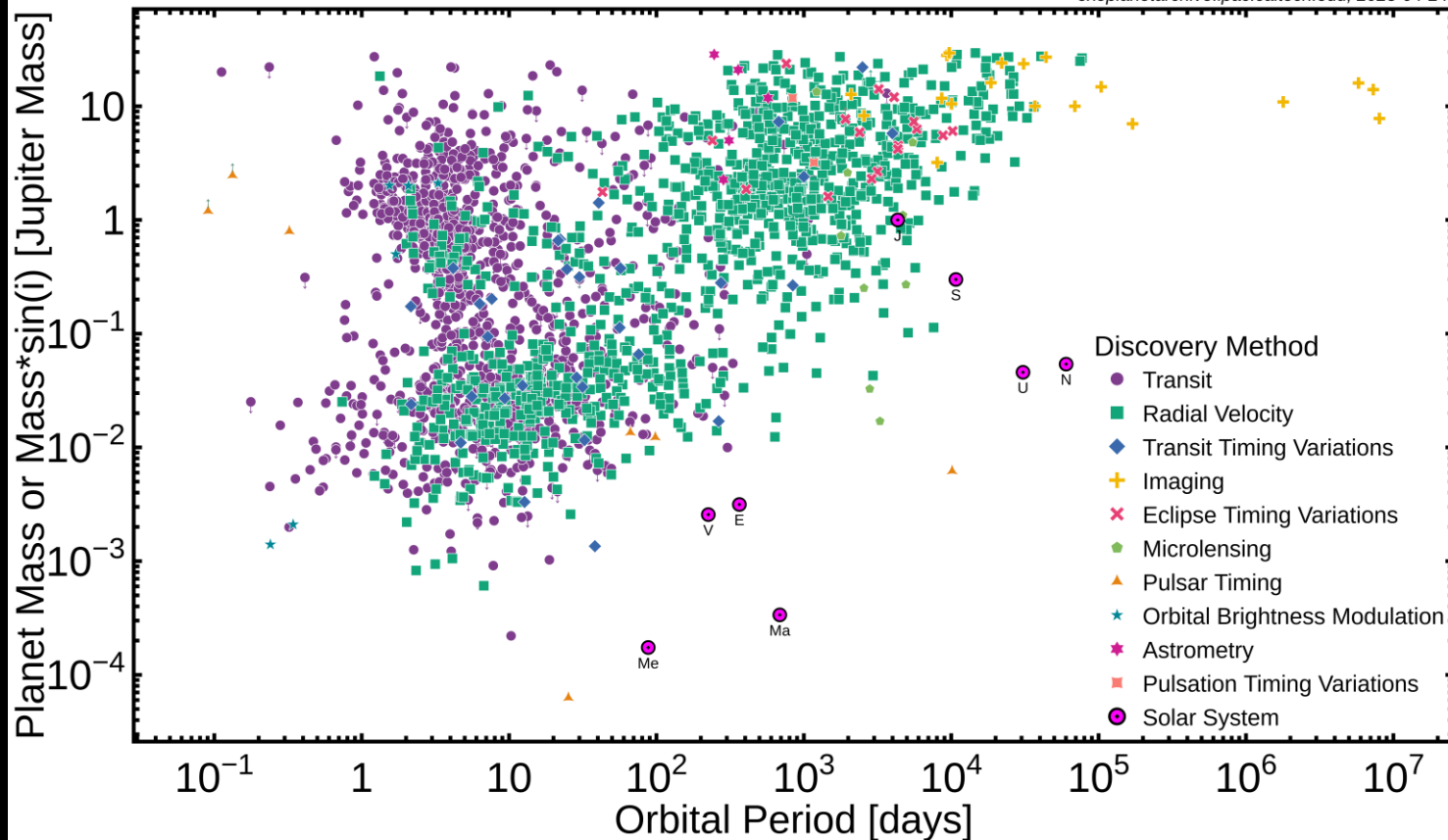
Credit: NASA

Da un'epoca di scoperte ad un'epoca di caratterizzazione:

- **Di che cosa sono fatti gli esopianeti? Come si formano e come evolvono i sistemi planetari? La struttura del «nostro» sistema solare è comune o è rara nell'Universo?**
- **Esistono pianeti abitati da forme di vita fuori dal sistema solare?**

Planet Mass or Mass*sin(i) vs Orbital Period

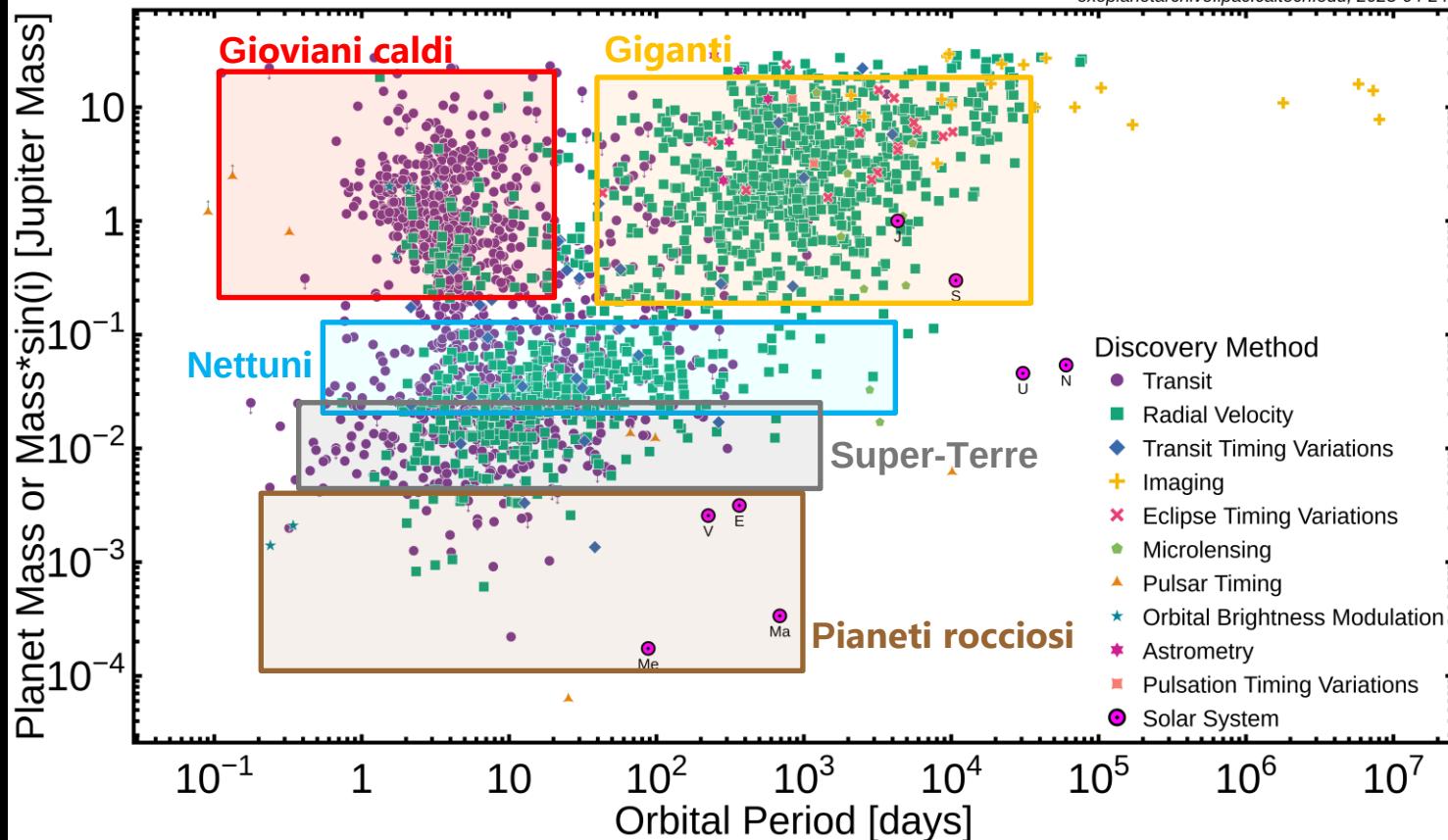
exoplanetarchive.ipac.caltech.edu, 2025-04-24



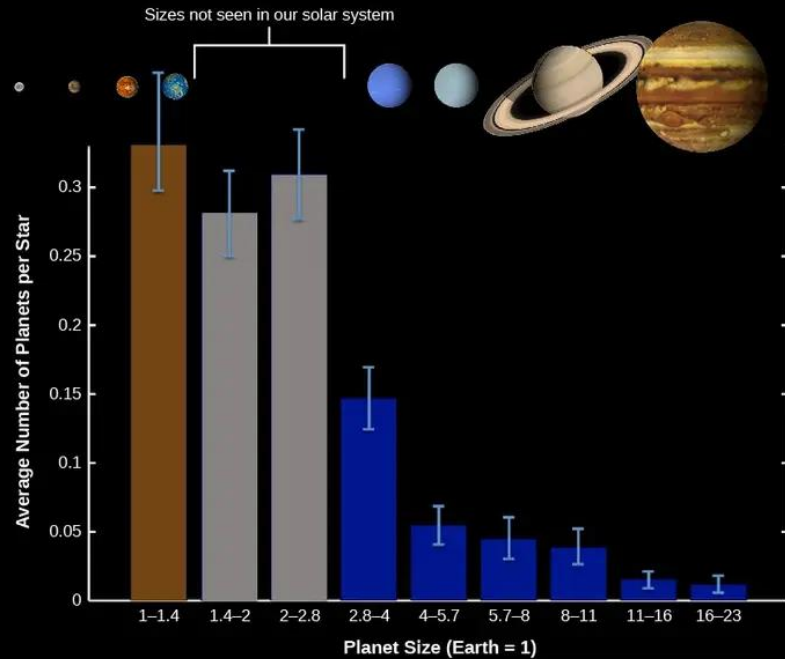
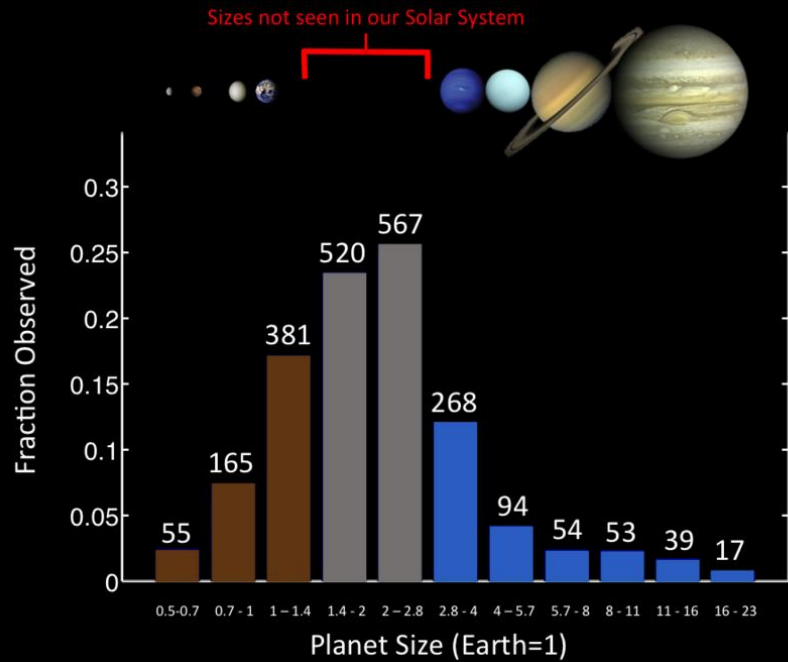
Credit: NASA

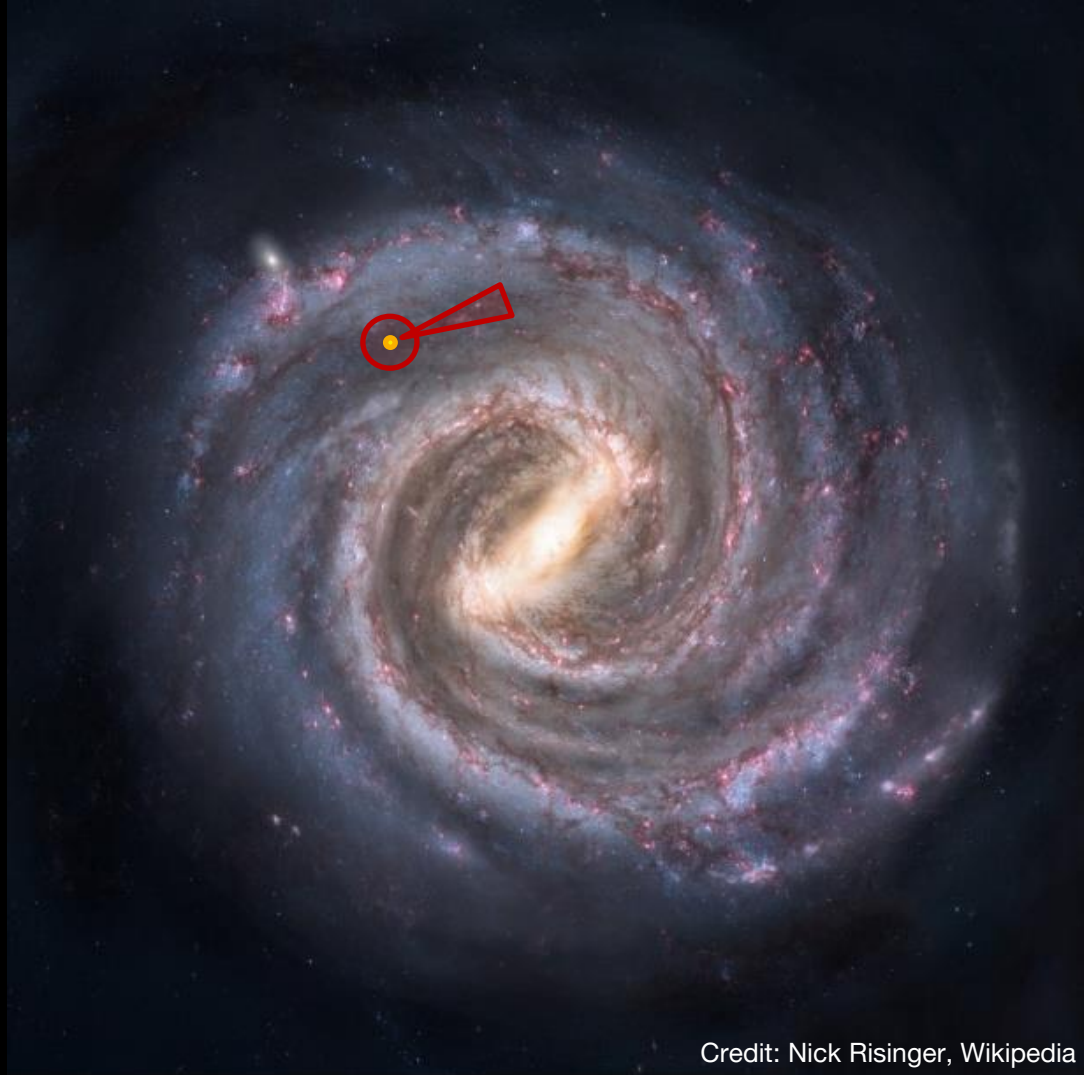
Planet Mass or Mass*sin(i) vs Orbital Period

exoplanetarchive.ipac.caltech.edu, 2025-04-24



Credit: NASA

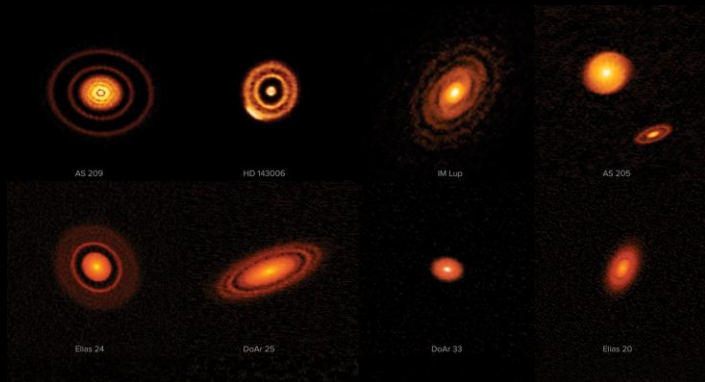




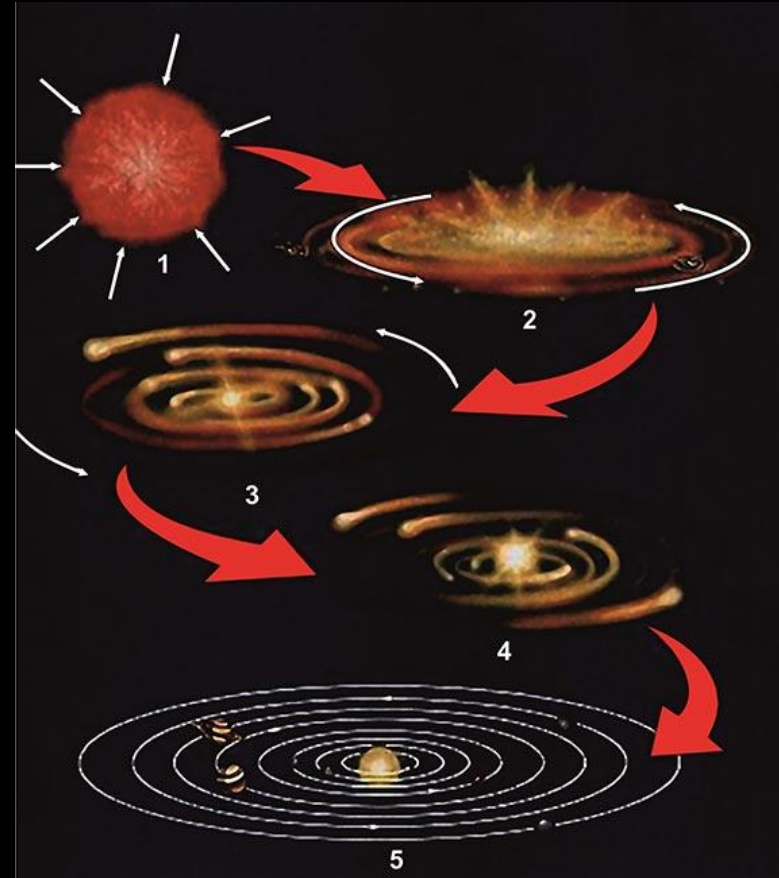
Credit: Nick Risinger, Wikipedia

Come si formano

- Nubi molecolari di gas
- Formazione stellare
- Disco protoplanetario: H/He e grani di polveri
- Grani di polveri si uniscono per formare planetesimi (oggetti rocciosi di qualche km): 100000 anni.
- I planetesimi si uniscono per formare i protopianeti (grandi quanto la Luna/Marte)
- I protopianeti si scontrano per formare i pianeti: 100 Myr. Zona interna: pianeti rocciosi. Zona esterna: giganti gassosi.

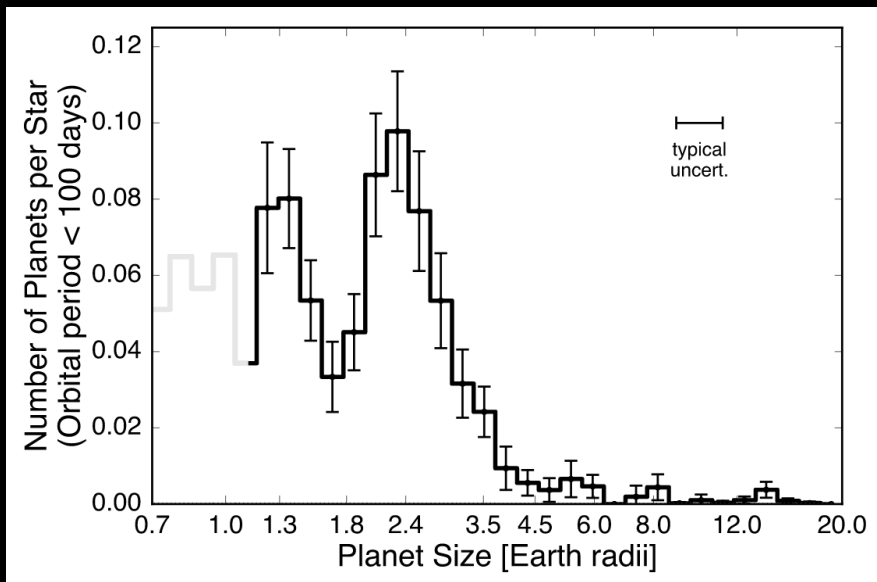


Credit ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)



Credit: Mikhail Marov et al. 2018

Come evolvono? Migrano ed evaporano...

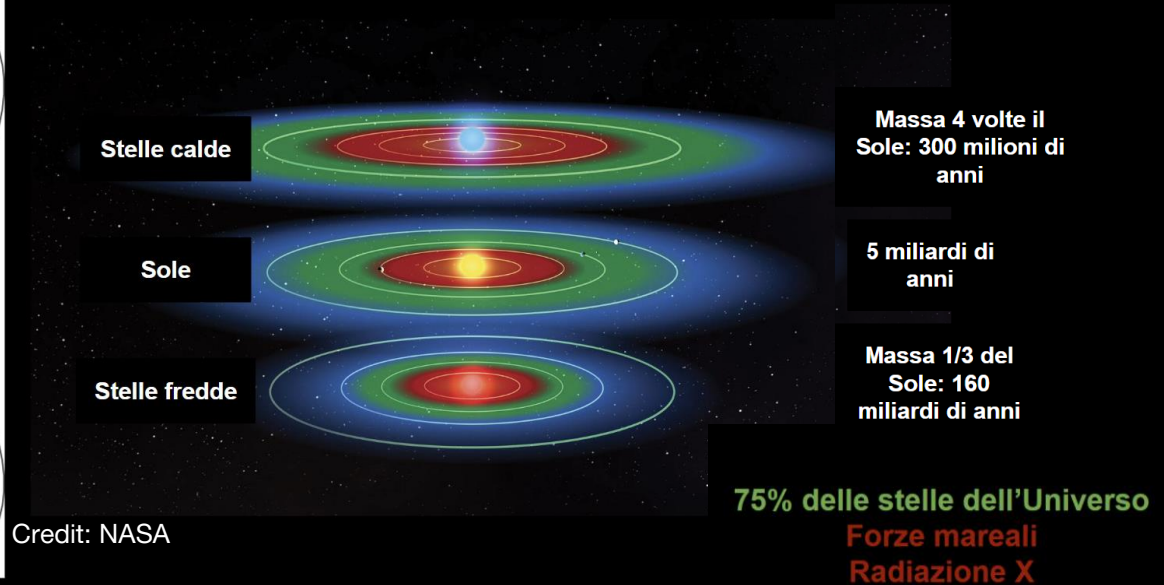
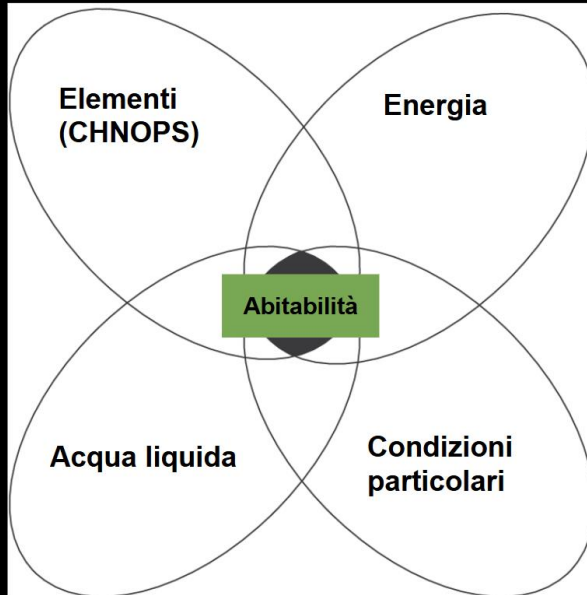


Credit: Joshua N. Winn, 2018



Credit: NASA

Esistono pianeti abitabili?



Plato (2026), Ariel (2029), Extremely Large Telescope (2029), Habitable Worlds Observatory (2040?)

Gli esopianeti al TNG

Articoli scientifici pubblicati con dati TNG: 80% esopianeti.

60-70% tempo di osservazione del TNG: esopianeti

GAPS: <https://theglobalarchitectureofplanetarysystems.com/>

Possibili proposte:

- Velocità radiali <https://exofop.ipac.caltech.edu/tess/>
- Spettroscopia di trasmissione <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/cgi-bin/TblView/nph-tblView?app=ExoTbls&config=PSCompPars>

Scrivere una proposta osservativa è un compito di realtà...

riccardo.spinelli@inaf.it