

Exoplanetas



Extrasolar planets

- Extrasolar planets=Exoplanets= planets around stars other than the Sun
- Planets are the environments for the origin and evolution of life.
- Giordano Bruno: “There are countless suns and earths all rotating around their suns in exactly the same way as the seven planets of our system..” (1584)
- First exoplanets (around a pulsar)
 - PSR1257 + 12 B, C (Wolszczan & Frail 1992)
- First confirmed planet around MS star
 - 51 Pegasi on October 1995 (Mayor & Queloz 1995)



Exoplanetas

(30/09/2024: 7338 CONFIRMADOS)



Which type of star?

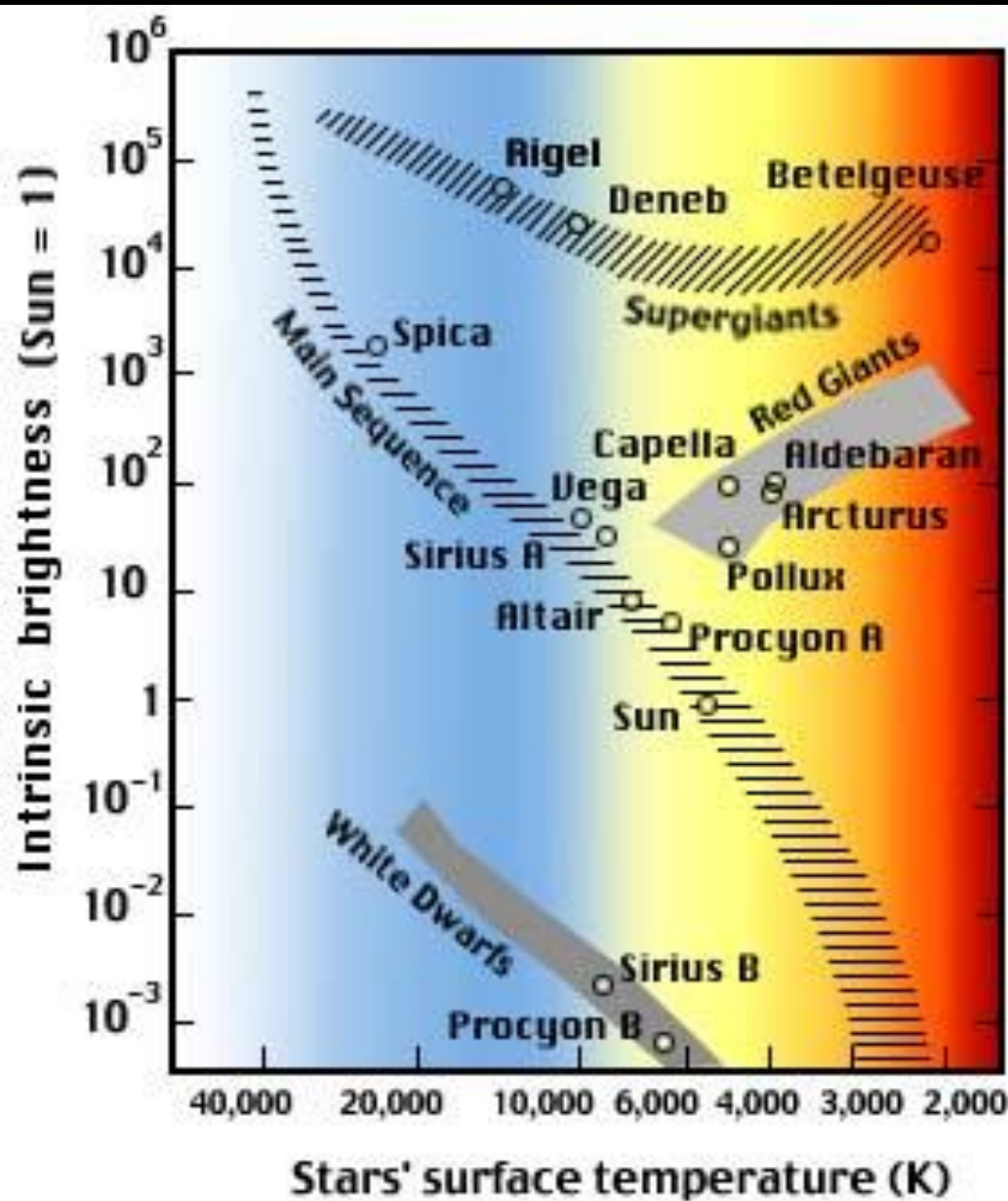


Main Sequence stars!

Hertzprung-Russell (HR) Diagram

Why Main Sequence Stars?

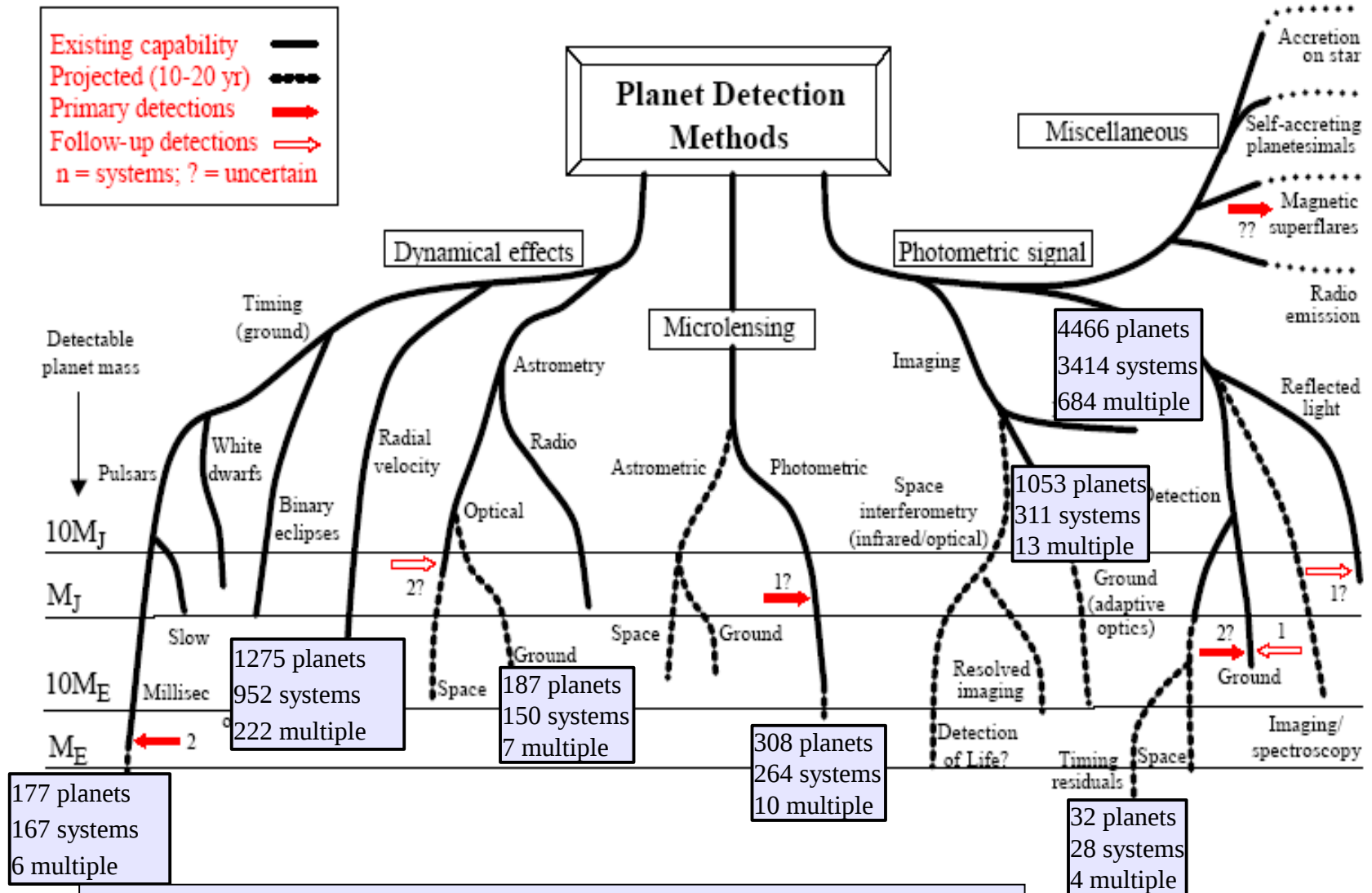
The survey for Exoplanets focus on Main Sequence (MS) stars because MS stars (like the Sun) represent the more stable, longest stage in the evolution of a star, during which the star is burning hydrogen into Helium in its core. During the MS stage, the condition around the star are constant enough to allow the existence of planets. By contrast, the late stages of stellar evolution (for instance, the red giant stage) are so rapidly evolving and violent that lead to the devastation of planets around the star.



Planet Detection Methods

Michael Perryman, Rep. Prog. Phys., 2000, 63, 1209 (updated September 2003)

7338 planets
5030 planetary systems
1019 systems with multiple planets



Extra-Solar Planets Catalog (<https://exoplanet.eu/catalog/>). Retrieved: 2024/09/30

The Nobel Prize in Physics 2019



III. Niklas Elmehed. © Nobel Media.

James Peebles

Prize share: 1/2



III. Niklas Elmehed. © Nobel Media.

Michel Mayor

Prize share: 1/4



III. Niklas Elmehed. © Nobel Media.

Didier Queloz

Prize share: 1/4

The Nobel Prize in Physics 2019 was awarded "for contributions to our understanding of the evolution of the universe and Earth's place in the cosmos" with one half to James Peebles "for theoretical discoveries in physical cosmology", the other half jointly to Michel Mayor and Didier Queloz "for the discovery of an exoplanet orbiting a solar-type star."

Como detectar exoplanetas?

- 1) Detecção Direta (Imageamento)
- 2) Astrometria
- 3) Microlensing (Lentes Gravitacionais)
- 4) Timing (Pulsar)
- 5) Velocidade radial
- 6) Trânsito

Em geral, os exoplanetas são detectados por **métodos indiretos**, apenas para uma pequena fração deles é possível o **imageamento**.

Os métodos de detecção mais bem sucedidos são o de **trânsito** (na página exoplanet.eu, 3917 exoplanetas descobertos por esse método confirmados em 28/5/2024) e **velocidade radial** (1109). Inclusive, foi esse último método que permitiu a detecção do primeiro exoplaneta orbitando uma estrela da sequência principal por Michel Mayor e Didier Queloz em 1995, o que lhes rendeu o prêmio Nobel de Física de 2019.

Methods for detection of Exoplanets

1) Direct detection (imaging)

Only for **BIG** and sufficient planet-star distance:
weak contrast

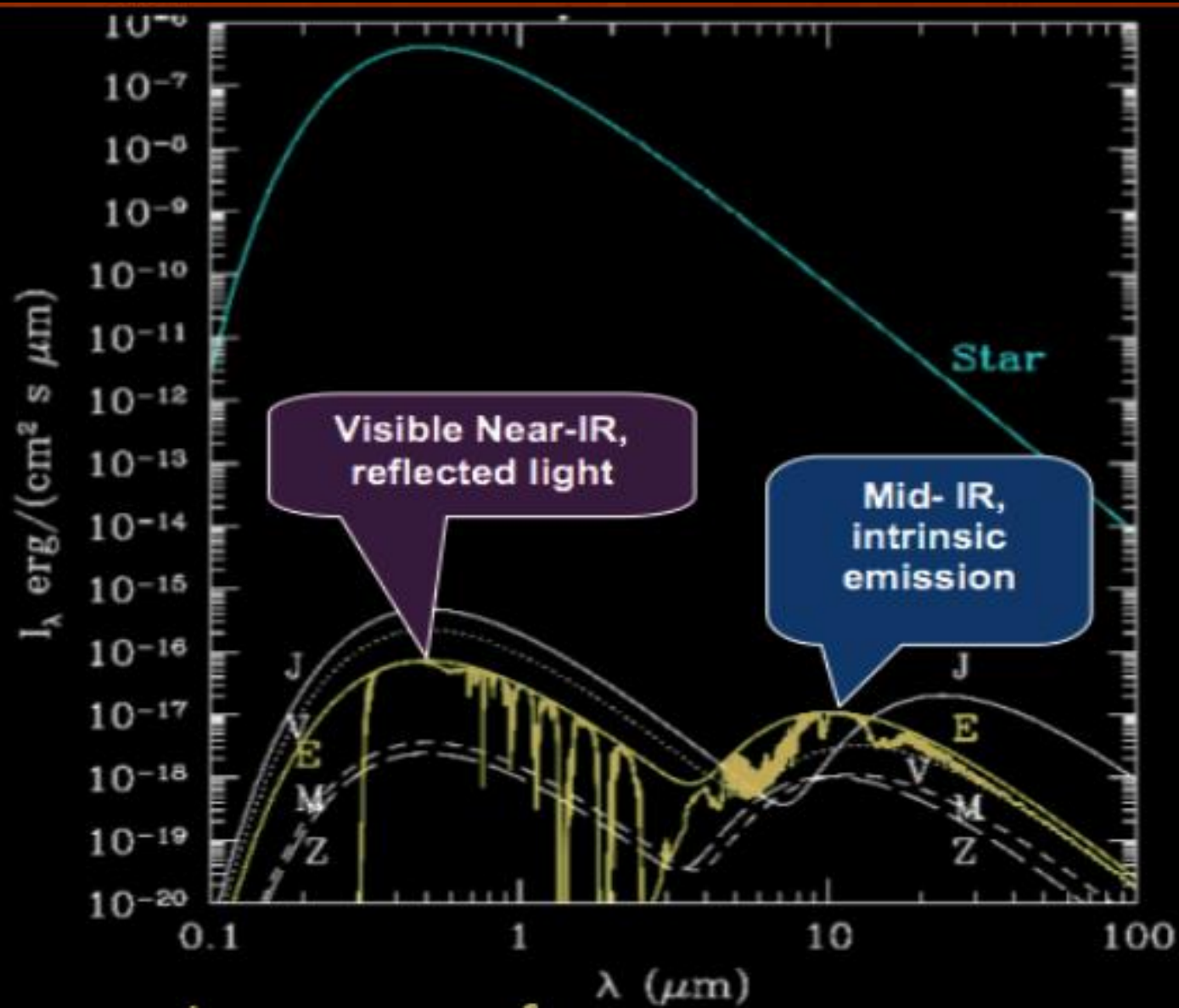
Techniques

- Interferometry
- Coronagraph

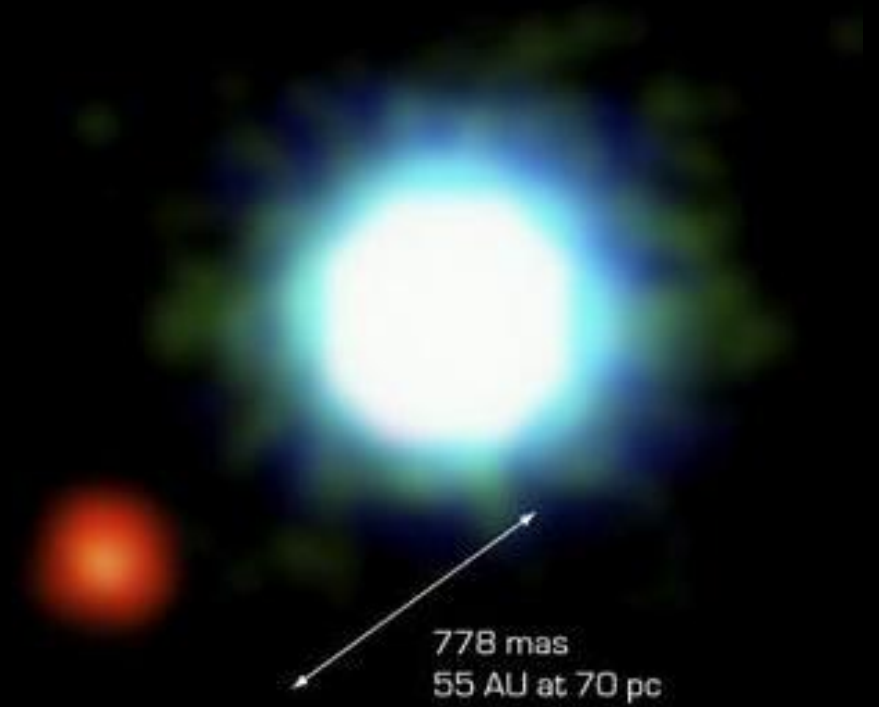
The advantage of IR observations

Contrast Star-Planet:

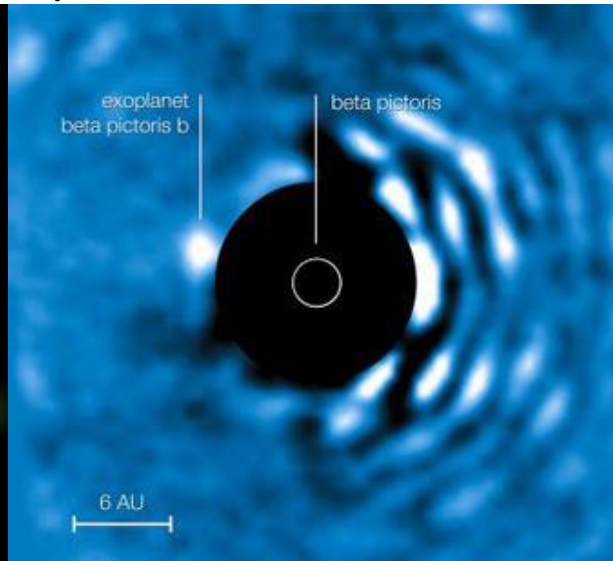
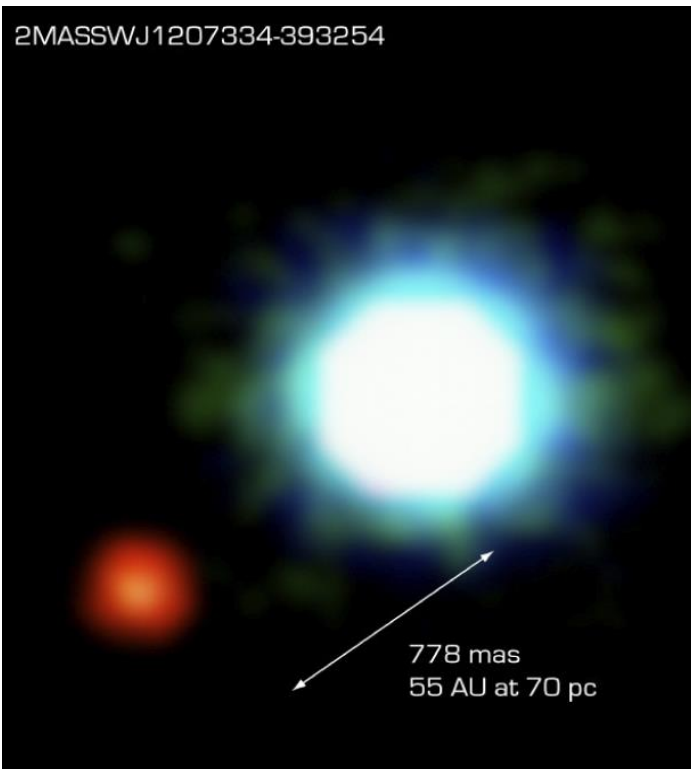
100,000,000 for a Jupiter-like planet in the Visible
Contrast improved if observed in the IR
~ **100,000** for a Jupiter-like planet in the IR¹⁰



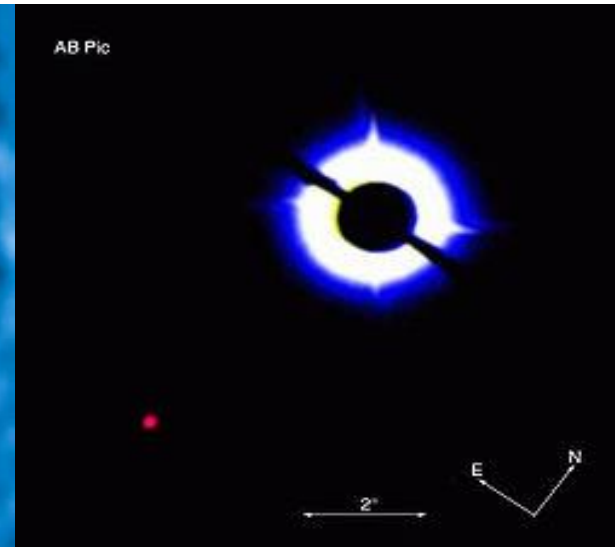
2M1207 e 2M1207b



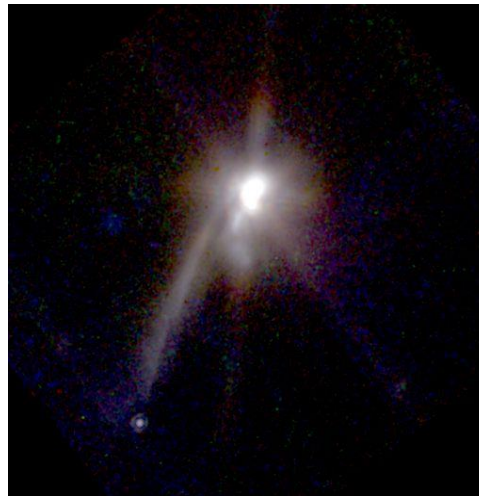
Other examples of **direct** detection



Beta Pic



AB Pic

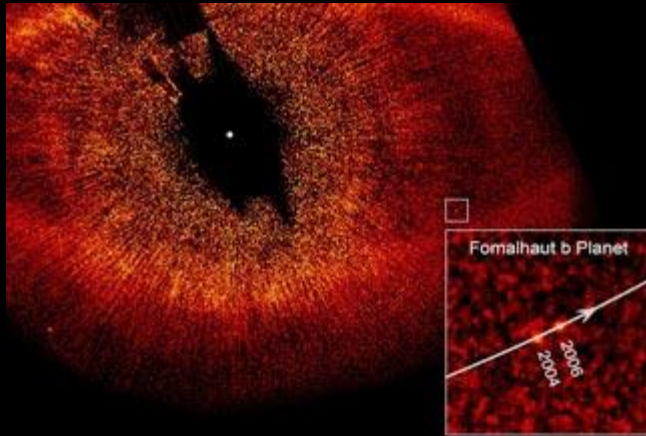


Hubble image of possible
exoplanet TMR-1C (NASA)

Astrônomos fazem 1ª foto de um sistema extra-solar

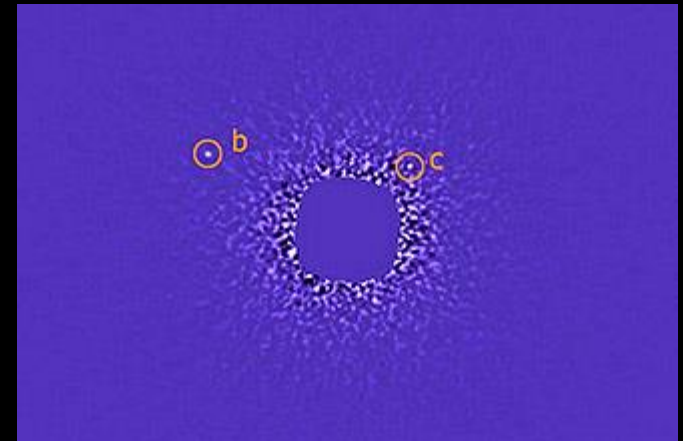
Folha Online 14/11/2008 - 10h23

Dois grupos independentes de astrônomos anunciam hoje ter conseguido avistar diretamente planetas orbitando outras estrelas. Esses corpos celestiais que orbitam outras estrelas já haviam sido detectados de modo indireto e até fotografados antes, mas as imagens obtidas dependiam de confirmação. Agora, os exoplanetas foram flagrados se movendo ao redor de suas estrelas.



Exoplaneta de Fomalhaut

Fomalhaut b $M/M_{\text{Jup}} < 3$



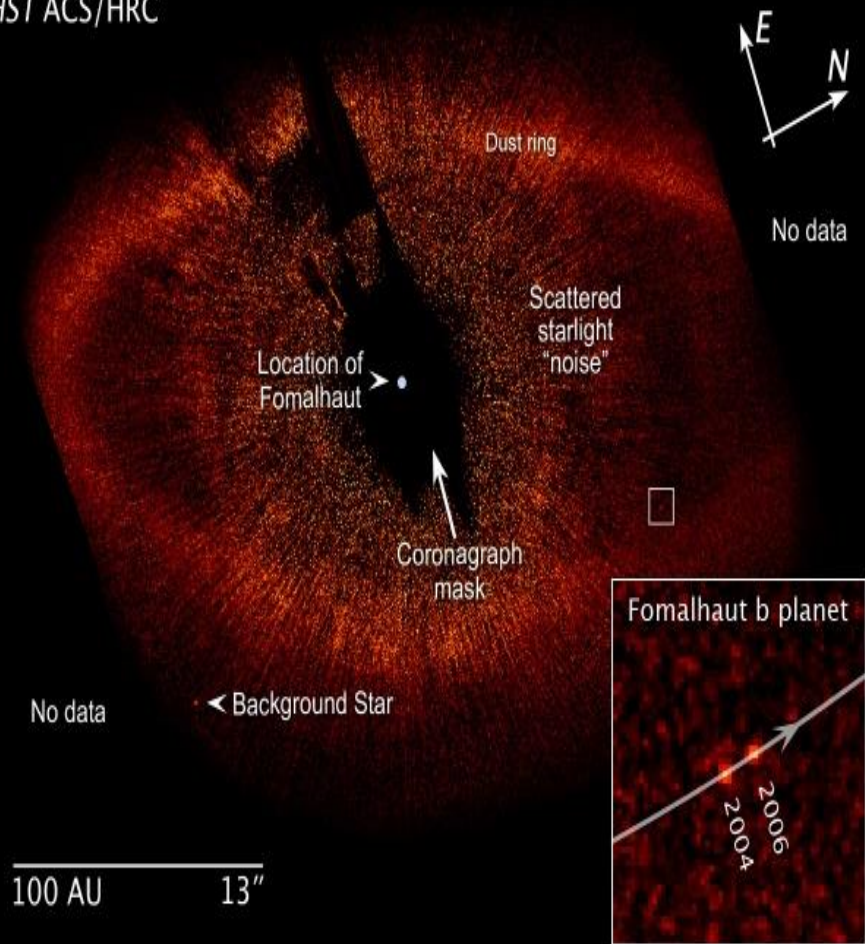
Exoplanetas de HR 8799

HR 8799d $M/M_{\text{Jup}} = 10$

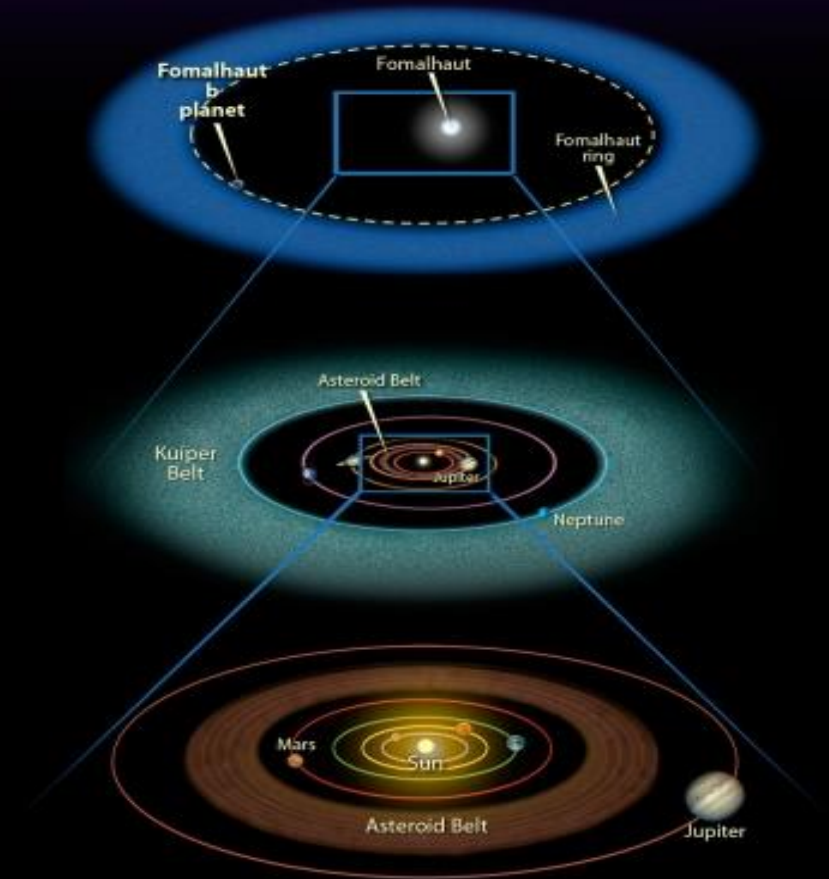
HR 8799c 10

HR 8799b 7

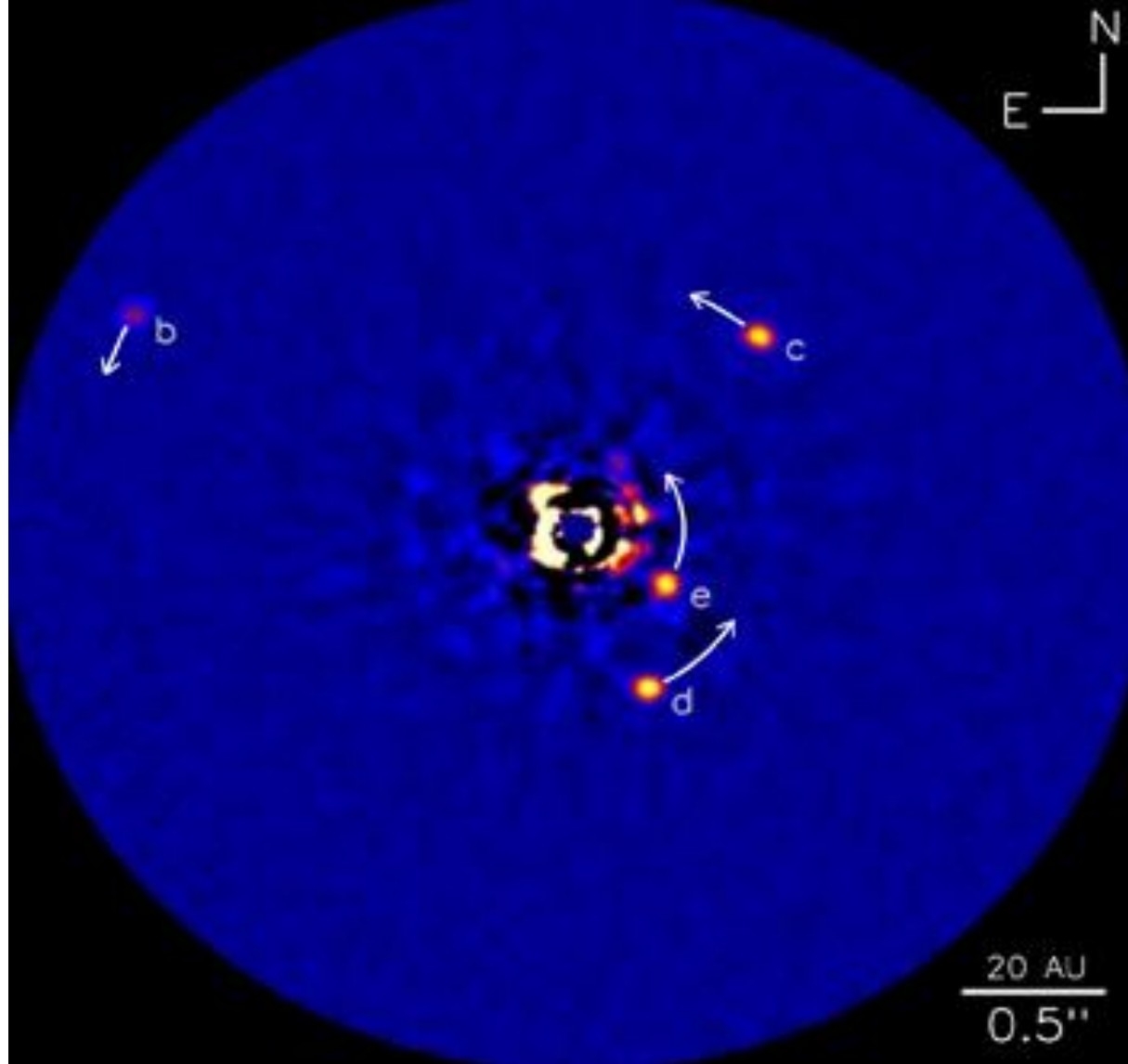
Fomalhaut
HST ACS/HRC



Comparison of Fomalhaut System and Solar System



Direct detection: planet around star **Fomalhaut** (25 l-y from the Sun)



Four planets around HR 7899 (Palomar)

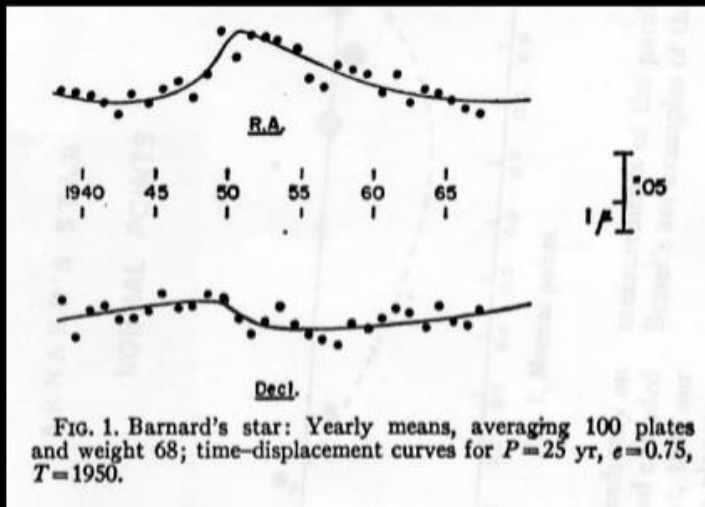
Métodos de Detecção de Exoplanetas

2) Astrometria: oscilações no movimento próprio da estrela

→ Detecção do exoplaneta

Muito difícil e vários falsos positivos (ex. Estrela de Barnard)

Peter van de Kamp (~1950): placas fotográficas registrando o movimento próprio da **Estrela de Barnard** (Ofiúco, 1916):



Sua conclusão: o balanço (oscilação) causado por um planeta com cerca massa de Júpiter, em órbita excêntrica.

Refinando os cálculos (~1982) concluiu haver dois planetas em órbitas circulares, com 0,7 e 0,5 massa de Júpiter.

Muitos tentaram verificar os trabalhos de van de Kamp mas não encontraram oscilações; as encontradas estavam dentro da margem de erro do método utilizado. Peter van de Kamp morreu em 1995 afirmando suas conclusões.

BARNARD'S STAR AND VAN DE KAMP'S PLANETS: THE BEGINNING

by George H. Bell

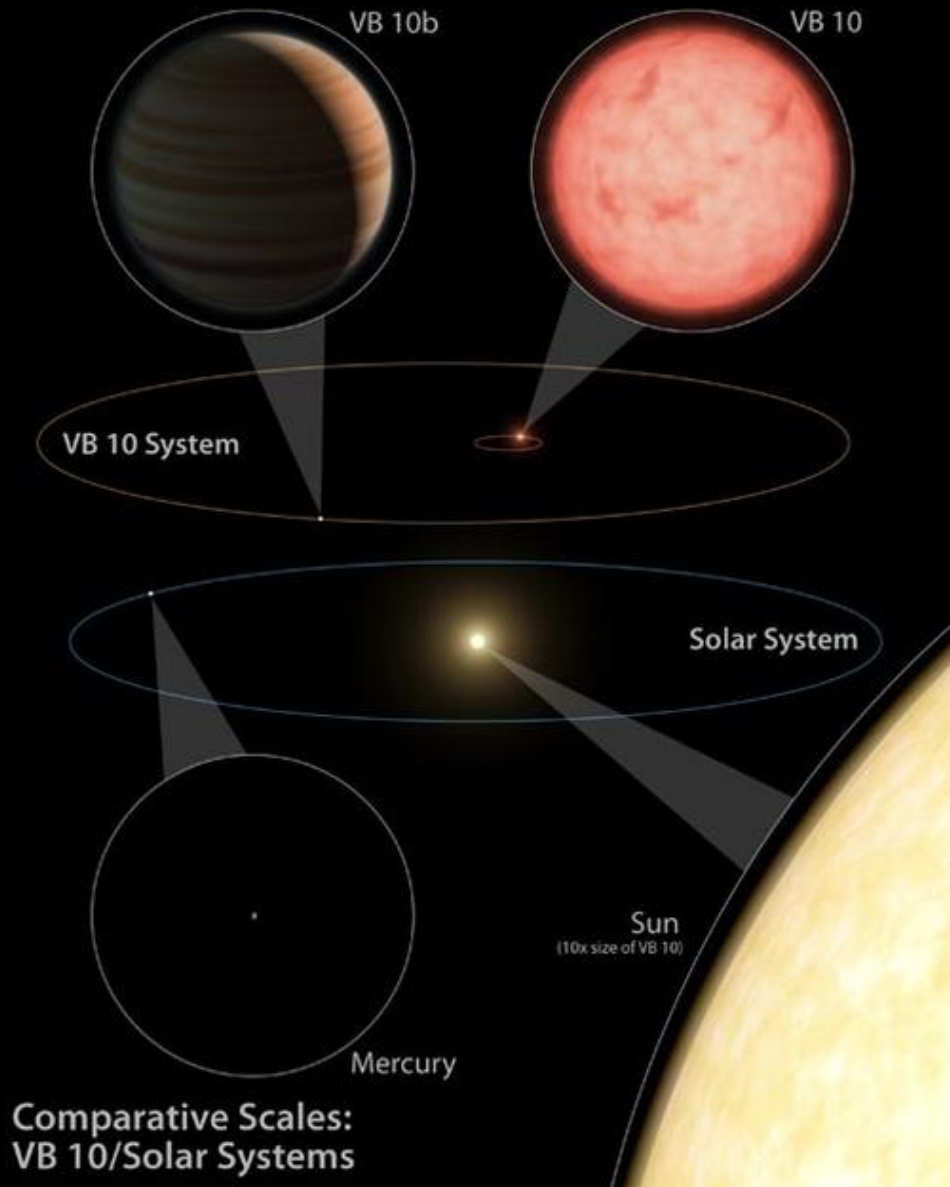
In the September 15, 1916 issue of The Astronomical Journal (1) and the September 7, 1916 issue of Nature, (2) an article appeared that dealt with the discovery of a rather small, insignificant star that demonstrated a large proper motion. The purpose of the article was to alert the astronomical world that indeed, E.E. Barnard detected a unique find, that is a star with a proper motion larger than any star that had been studied previously. The large proper motion was calculated by Barnard to be approximately 10.3 arcseconds per year. (3) The proper motion is defined as "the apparent angular motion per year of a star on the celestial sphere, i.e., in a direction perpendicular to the line of sight". (4) Proper motion is indicated in two basic proper motion star maps which are shown below.

Primeiro Planeta descoberto por Astrometria?

Descoberta anunciada em 2009, descartada em 2020

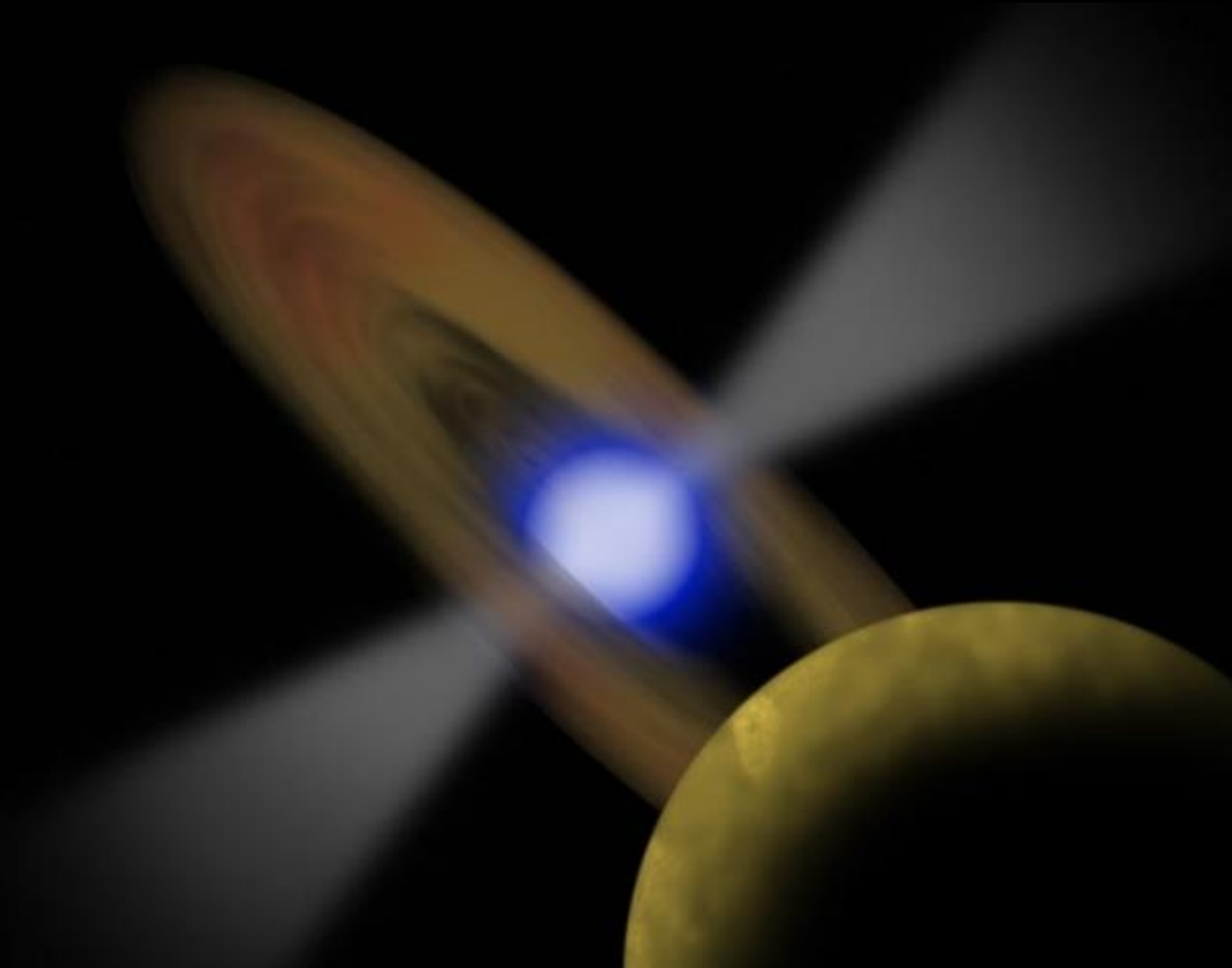
27/6/2023:

20 descobertos por astrometria



Métodos de Detecção de Exoplanetas

3) Timing (Pulsar)



Métodos de Detecção de Exoplanetas

Timing (Pulsar)

A planetary system around the millisecond pulsar PSR1257+12

A. Wolszczan* & D. A. Frail†

* National Astronomy and Ionosphere Center, Arecibo Observatory, Arecibo, Puerto Rico 00613, USA

† National Radio Astronomy Observatory, Socorro, New Mexico 87801, USA

MILLISECOND radio pulsars, which are old ($\sim 10^9$ yr), rapidly rotating neutron stars believed to be spun up by accretion of matter from their stellar companions, are usually found in binary systems with other degenerate stars¹. Using the 305-m Arecibo radiotelescope to make precise timing measurements of pulses from the recently discovered 6.2-ms pulsar PSR1257+12 (ref. 2), we demonstrate that, rather than being associated with a stellar object, the pulsar is orbited by two or more planet-sized bodies. The planets detected so far have masses of at least $2.8 M_{\oplus}$ and $3.4 M_{\oplus}$, where $M_{\oplus}$ is the mass of the Earth. Their respective distances from the pulsar are 0.47 AU and 0.36 AU, and they move in almost circular orbits with periods of 98.2 and 66.6 days. Observations indicate that at least one more planet may be present in this system. The detection of a planetary system around a nearby (~ 500 pc), old neutron star, together with the recent report on a planetary companion to the pulsar PSR1829-10 (ref. 3) raises the tantalizing possibility that a non-negligible fraction of neutron stars observable as radio pulsars may be orbited by planet-like bodies.

The 6.2-ms pulsar PSR1257+12 (Fig. 1) was discovered during the search at high galactic latitudes for millisecond pulsars conducted in February 1990 with the 305-m Arecibo radiotelescope at a frequency of 430 MHz (ref. 2). The characteristics of this survey and the details of data analysis are described else-

Esses foram, na realidade, os primeiros exoplanetas descobertos, porém em torno de um pulsar, que é uma estrela de nêutrons em rotação. Trata-se, portanto de um ambiente inóspito e inteiramente hostil à vida.

Em 1992, foram descobertos dois planetas PSR1257+12 B e C, posteriormente rebatizados (conforme a nomenclatura de designar exoplanetas por letras minúsculas, começando com a letra “b”) de PSR B1257+12 c e PSR B1257+12 d, com 4.3 e 3.9 massas terrestres, respectivamente.

Em 1994, descobriu-se um planeta ainda menor, PSR B1257+12 b, com 0.020 massas terrestres.

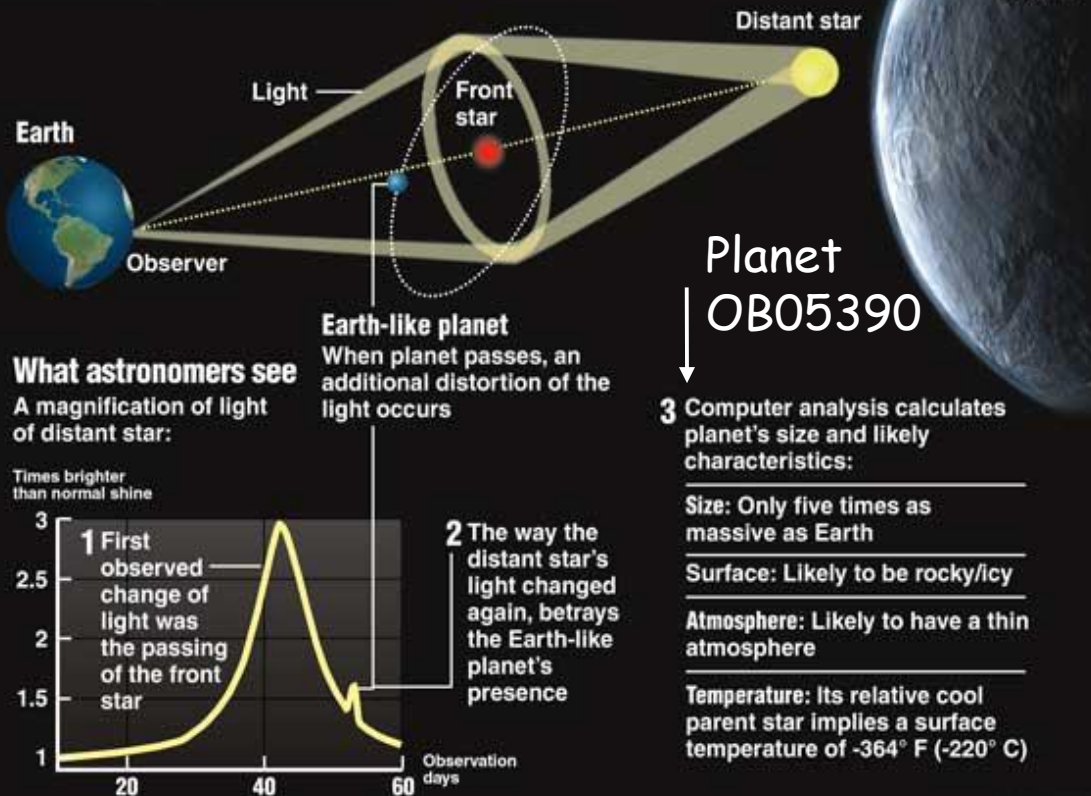
Methods for the detection of exoplanets

4) *Gravitational microlensing* (Einstein effect)

Spotting distant Earth-like planet

Discovery of distant Earth-like planet was made using a method called microlensing, which can detect far-off planets without actually seeing the object.

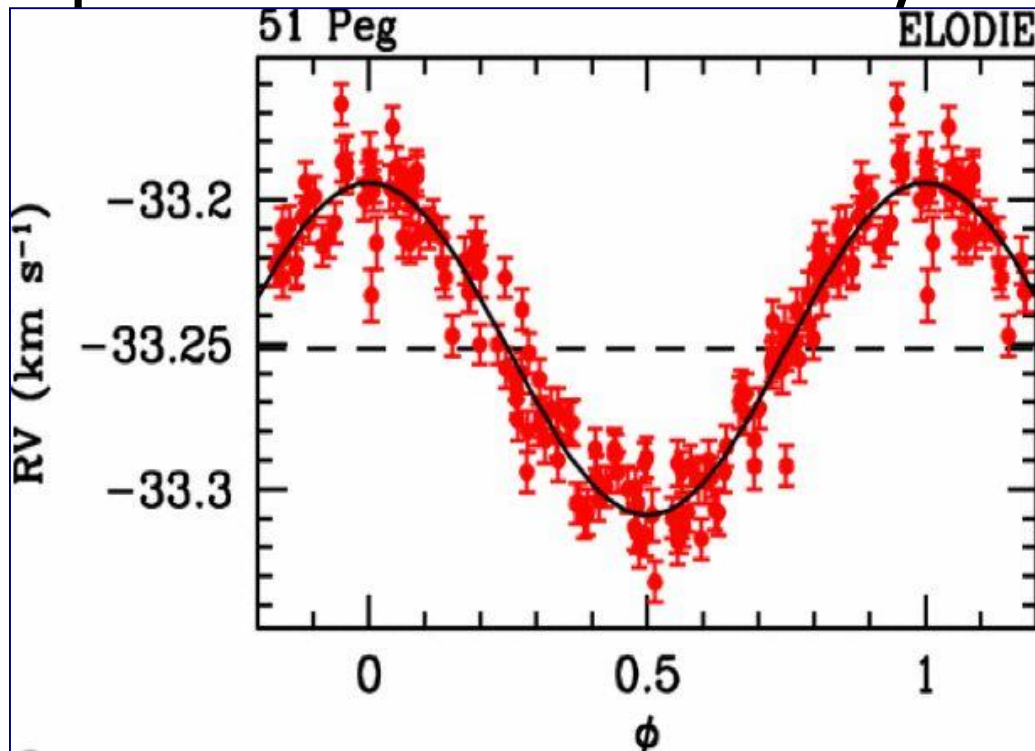
When a massive object crosses in front of a star shining in the background, the front star's gravity bends light rays from distant star and magnifies them like a lens:



Some dozens
exoplanets
discovered with
this method
(Mpl ~Atm)

Methods for the detection of exoplanets

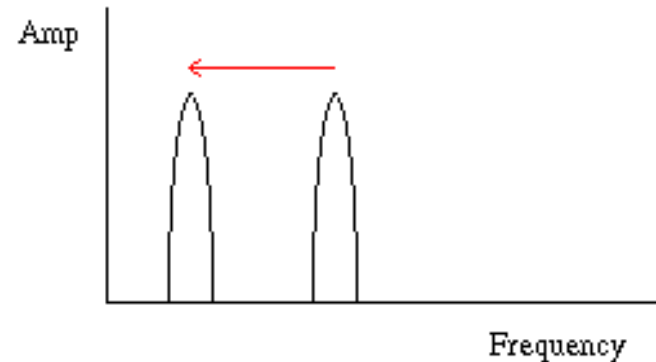
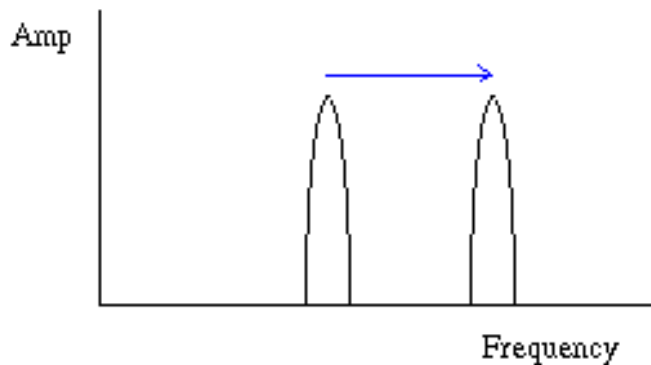
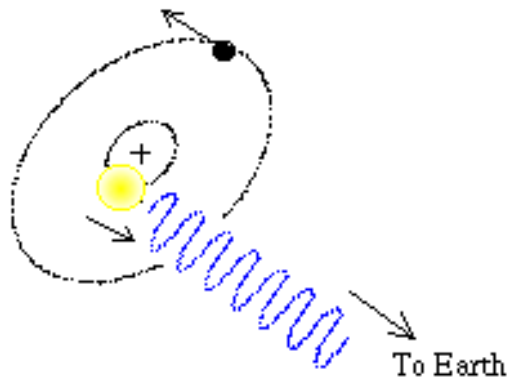
5) *Radial Velocity*: stellar radial velocity variations
→ presence of unseen body



Many hundred
exoplanets
discovered by this
method

Radial velocity variations + Kepler's 3rd law → M_{pl} ;
 P_{orb}

Detection of Planets- Radial Velocity Method



PROBLEM with the *radial velocity* method

Described by Newton's law:

$$F = G \times M_{\text{star}} \times M_{\text{planet}} / \text{distância}^2$$

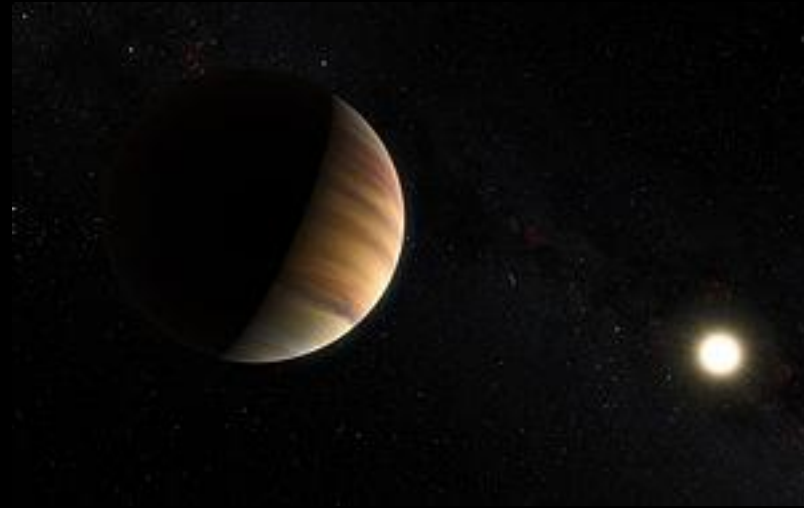
►► **BIAS**: detected mainly planets
more massives & nearer to their hosts
stars

1995 – Primeiro Exoplaneta Descoberto orbitando uma estrela da SP (51 Pegasi b)



Michel Mayor

+ equipe de astrônomos da Suíça, França, e Portugal.



Tipo estelar: G4-5V

Massa estelar: $1,06 M_{\odot}$

Distância: 50,9 anos-luz

Período orbital: 4,23 dias

Semi-eixo maior: 0,0527 UA

Massa mínima ($m \sin i$): $0,47 M_J$

JÚPITER QUENTE

Instrumentos utilizados na descoberta do primeiro exoplaneta, 51 Pegasi b



Telescópio de 1,93m do
Observatoire de Haute-
Provence, França
+ Espectrógrafo ELODIE



Efeito Doppler



- 1842 - Efeito Doppler

$$z = \frac{\text{desvio para o vermelho}}{\text{velocidade da fonte}} = \frac{\text{velocidade da fonte}}{\text{velocidade da luz}} = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{ref \text{ fonte}}}{\lambda_{ref \text{ fonte}}}$$

$C = 300\,000 \text{ km/seg}$ Válido para v muito menor que c

Christian Doppler

Efeito Doppler

Fonte emissora desloca-se em relação ao observador.

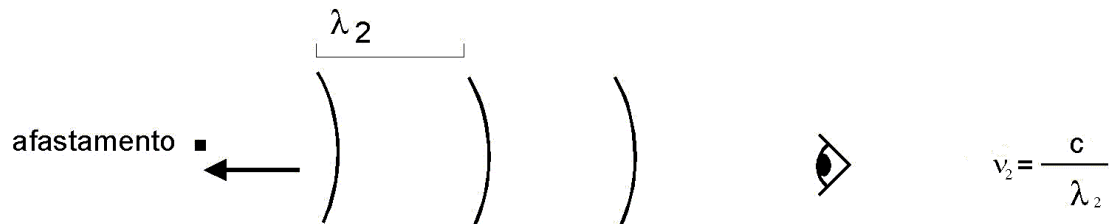
Fonte em repouso,
emitindo luz a um
comprimento de onda λ_0 .



Fonte aproxima-se do
observador: $\Rightarrow$ comprimento
de onda observado será
menor ($\lambda_1 < \lambda_0$).

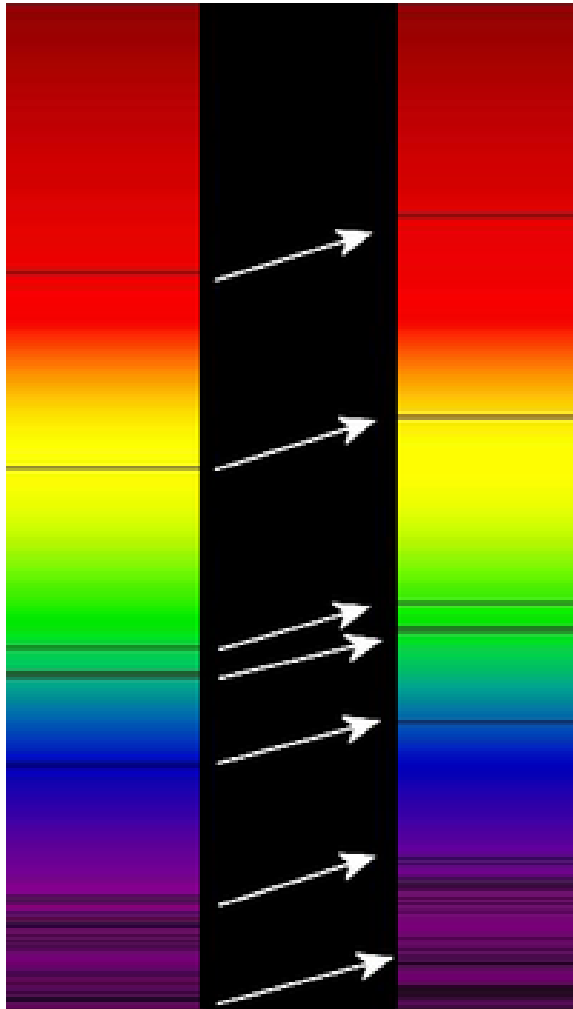


Fonte afasta-se:
comprimento de onda
observado será maior
($\lambda_2 > \lambda_0$).



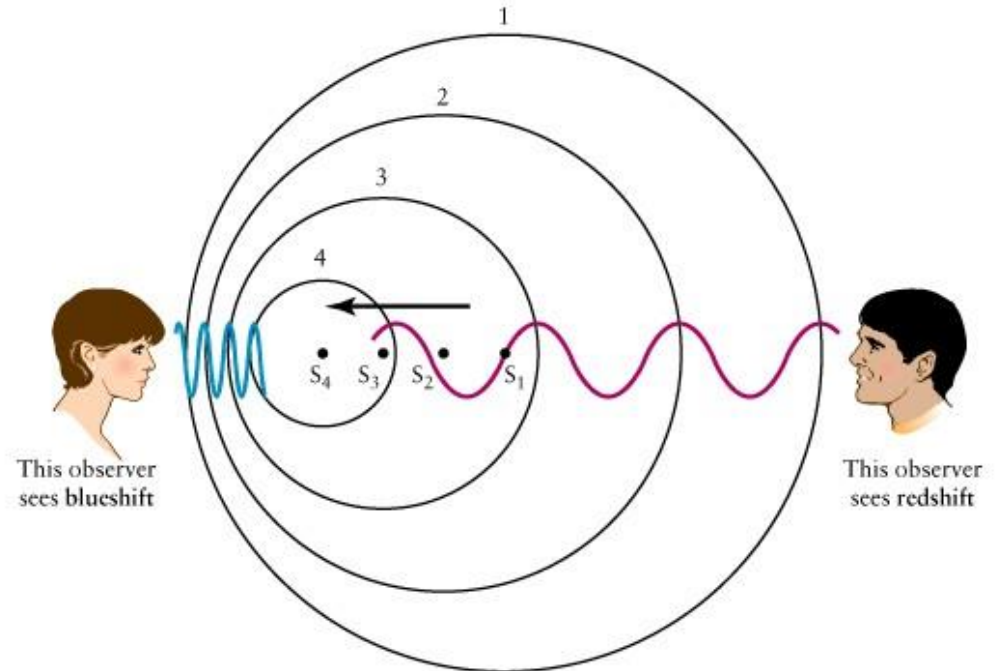
Para velocidades não-relativísticas (fonte com $v \ll c$)

repouso afastamento



$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = \lambda_0 \left(\frac{v}{c} \right)$$

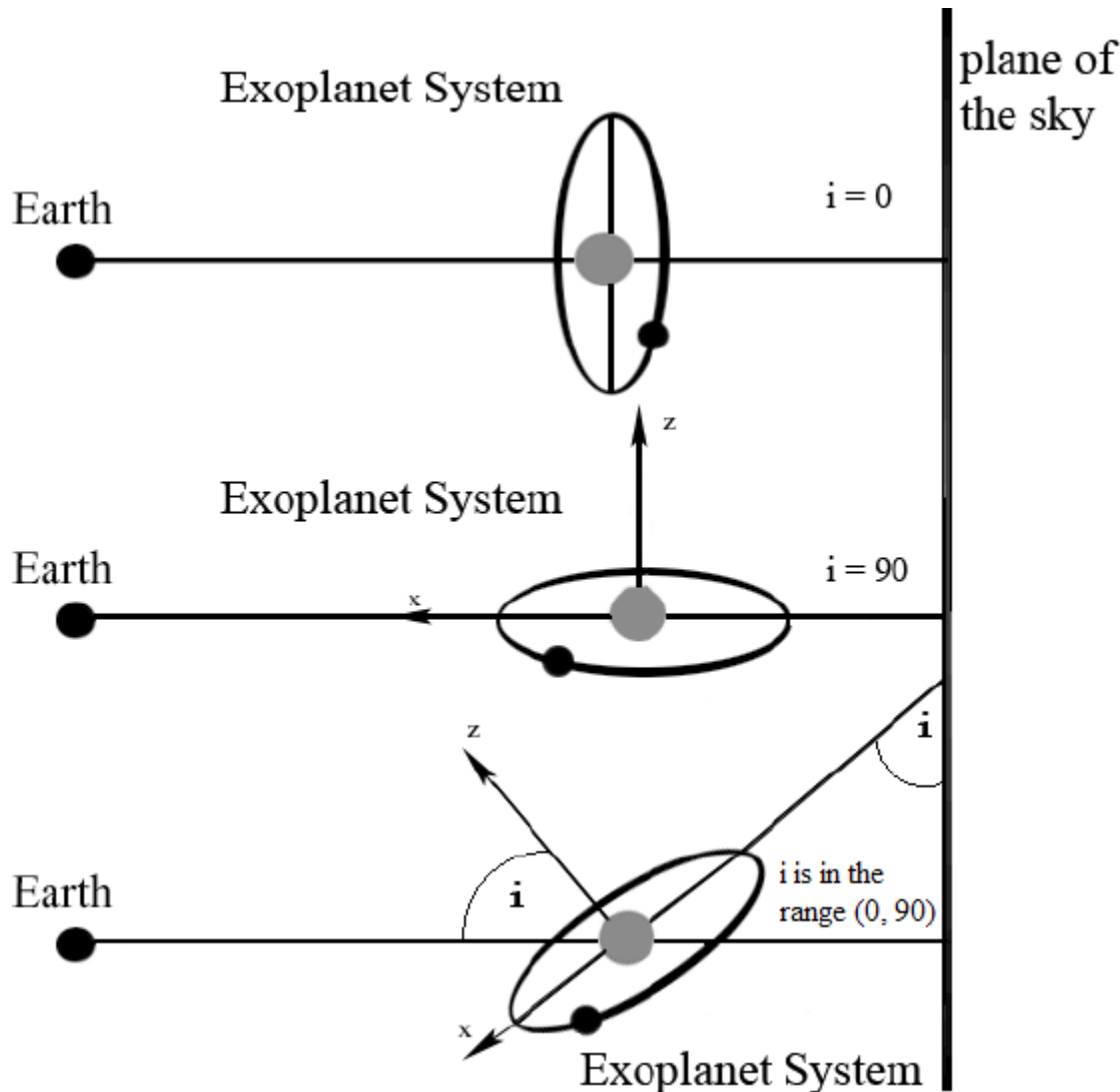
$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$$



Ângulo de inclinação da órbita do exoplaneta i

(ângulo entre o plano orbital e o plano do céu)

Normalmente, o método de velocidade radial não fornece i



Se se conhecer i , a máxima velocidade radial $v_r^{\max}$ permite obter a velocidade real v da estrela

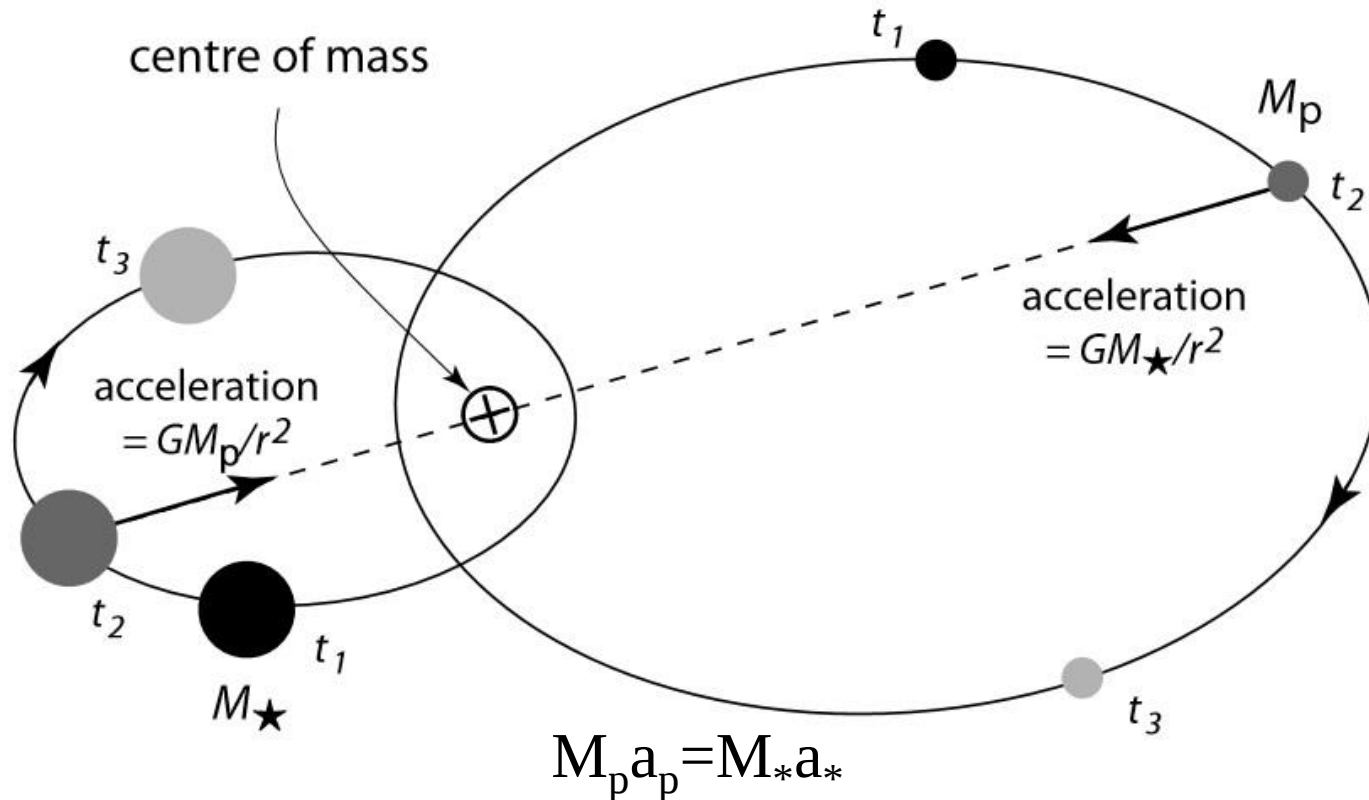
$$v_r^{\max} = v \sin(i)$$

Só se a linha de visada estiver totalmente alinhada com o plano da órbita ($i=90^\circ$) é que $v_r^{\max}$ será a velocidade real v .

Se o observador estiver na direção perpendicular ao plano orbital ($i=0^\circ$), o método de velocidade radial não pode ser usado, pois $v_r=0$ sempre.

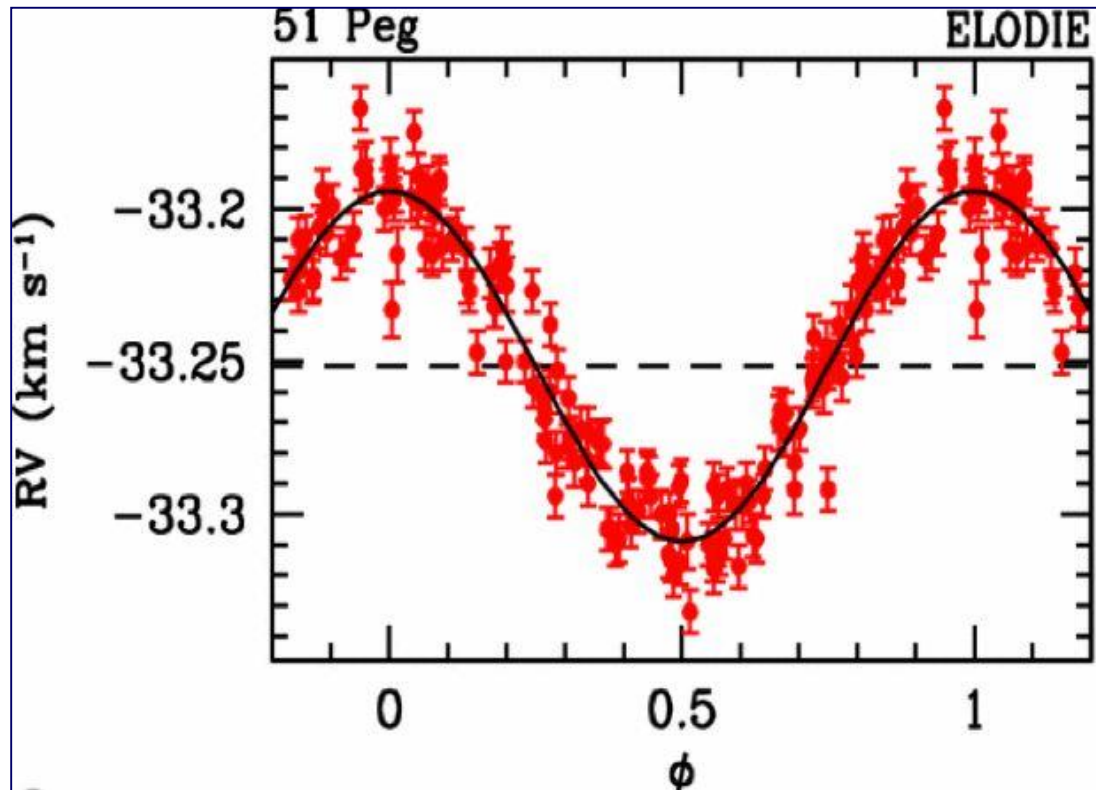
Movimento em torno do Baricentro (Centro de Massa)

Não é verdade que o exoplaneta orbita a estrela. Na realidade, estrela e planeta orbitam o baricentro do sistema. Porém é a estrela que se observa e a partir do deslocamento Doppler das suas linhas, determina-se sua velocidade radial. Com várias observações ao longo do tempo obtém-se a curva de velocidade radial da estrela e, após, a curva do exoplaneta, usando a relação $M_p r_p = M_* r_*$.



a_* semieixo maior da órbita da estrela em torno do baricentro do sistema

a_p semieixo maior da órbita do exoplaneta



$V_r^{\max}$ ou K

Semi-amplitude da
velocidade radial da estrela
(máxima velocidade radial)

Semi-período orbital $P_{\text{orb}}/2$

Método da Velocidade Radial – Determinando $M_{pl}\sin(i)$

- O método fornece o limite inferior para a massa do planeta $M_{pl}\sin(i)$
- Não fornece a inclinação da órbita i
pode-se usar a média no espaço de $\sin(i)$: $\pi/4$
- Usa-se o período orbital P_{orb} , a excentricidade e , e a semi-amplitude da velocidade radial K

$$M_{pl} \sin i = K(1 - e^2)^{1/2} \left(\frac{P_{orb} M^2}{2\pi G} \right)^{1/3}$$

G é a Constante da Gravitação Universal, $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$

Se $M_{pl} \ll M_*$ e a órbita for circular ($e=0$), K toma a forma:

$$\frac{K}{1 \text{ m s}^{-1}} = 28.4 \left(\frac{P_{orb}}{1 \text{ ano}} \right)^{-1/3} \left(\frac{M_{pl} \sin i}{M_J} \right) \left(\frac{M_*}{M_\odot} \right)^{-2/3}$$

Para Júpiter, $K = 12,5 \text{ m/s}$ e, para a Terra, $K=9 \text{ cm/s}$

O semieixo maior a da órbita do exoplaneta vem da 3ª lei de Kepler

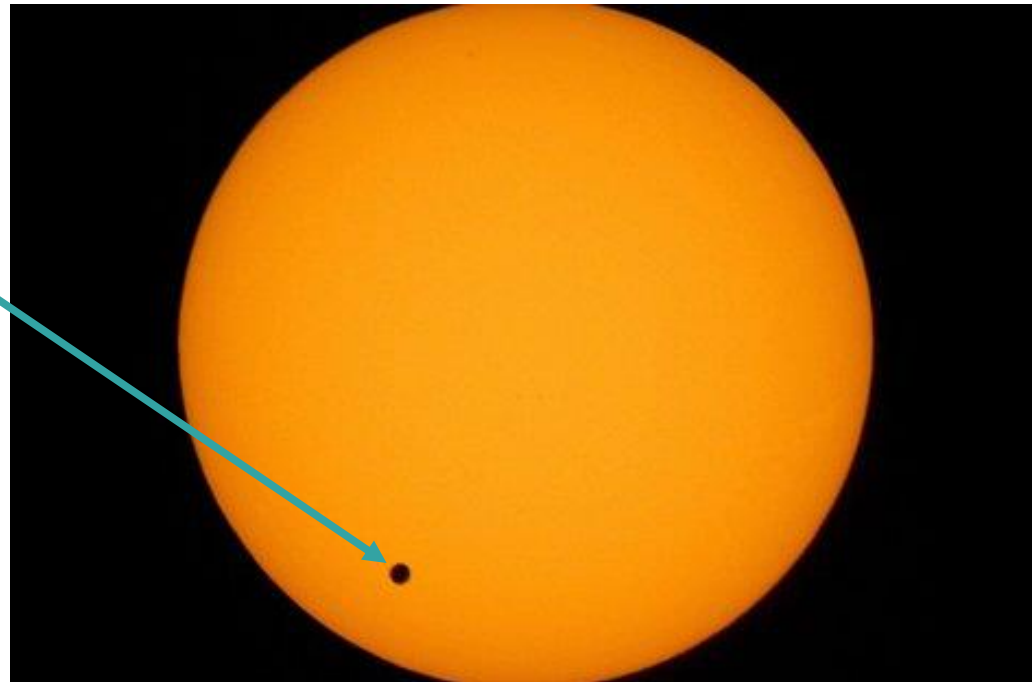
$$\frac{P_{orb}}{1 \text{ ano}} = \left(\frac{a}{1 \text{ UA}} \right)^{3/2} \left(\frac{M_*}{M_\odot} \right)^{-1/2}$$

Methods for the detection of exoplanets

6) **Transit** method: detection of the tiny eclipse caused by the passage (**transit**) of a planet in front of its star.

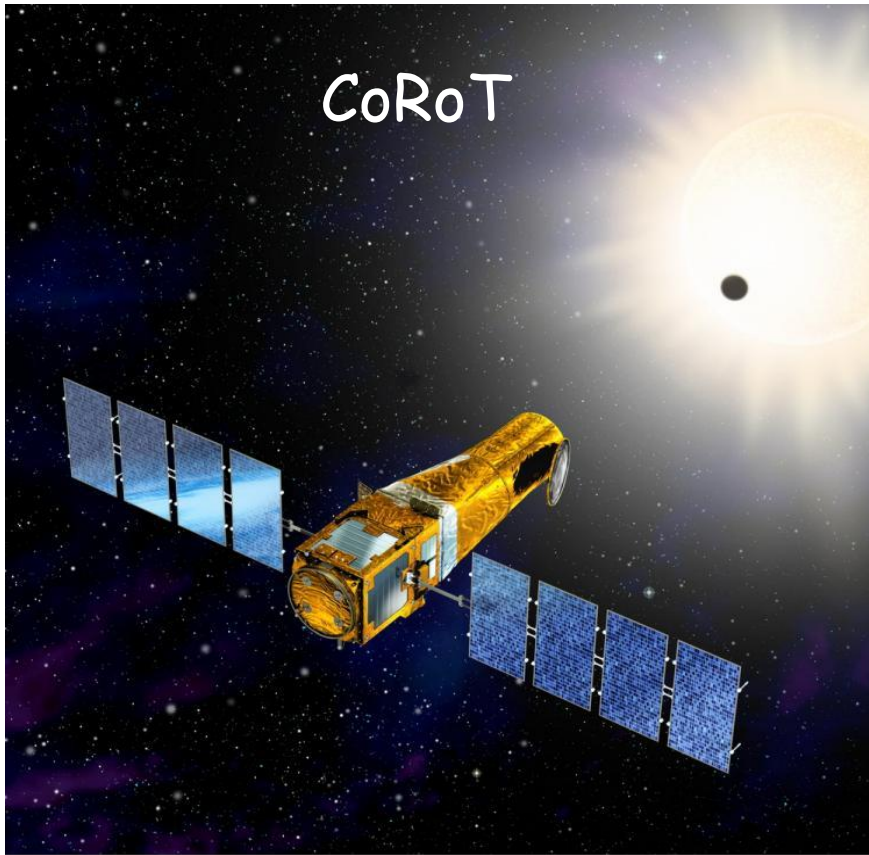
→ R_{pl} ; P_{orb}

Transit of
VENUS
June 6, 2012



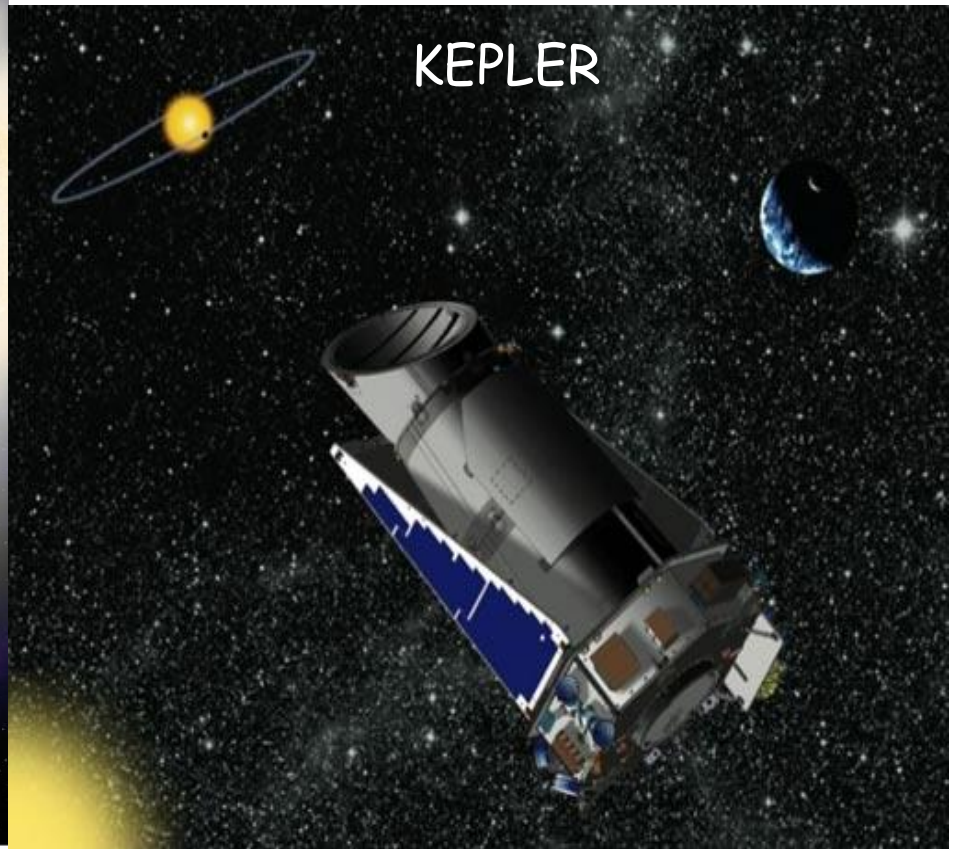
Satellites observing transits

Because drops in brightness are very small during an exoplanet transit, atmospheric turbulence is a great problem, and space observatories are used



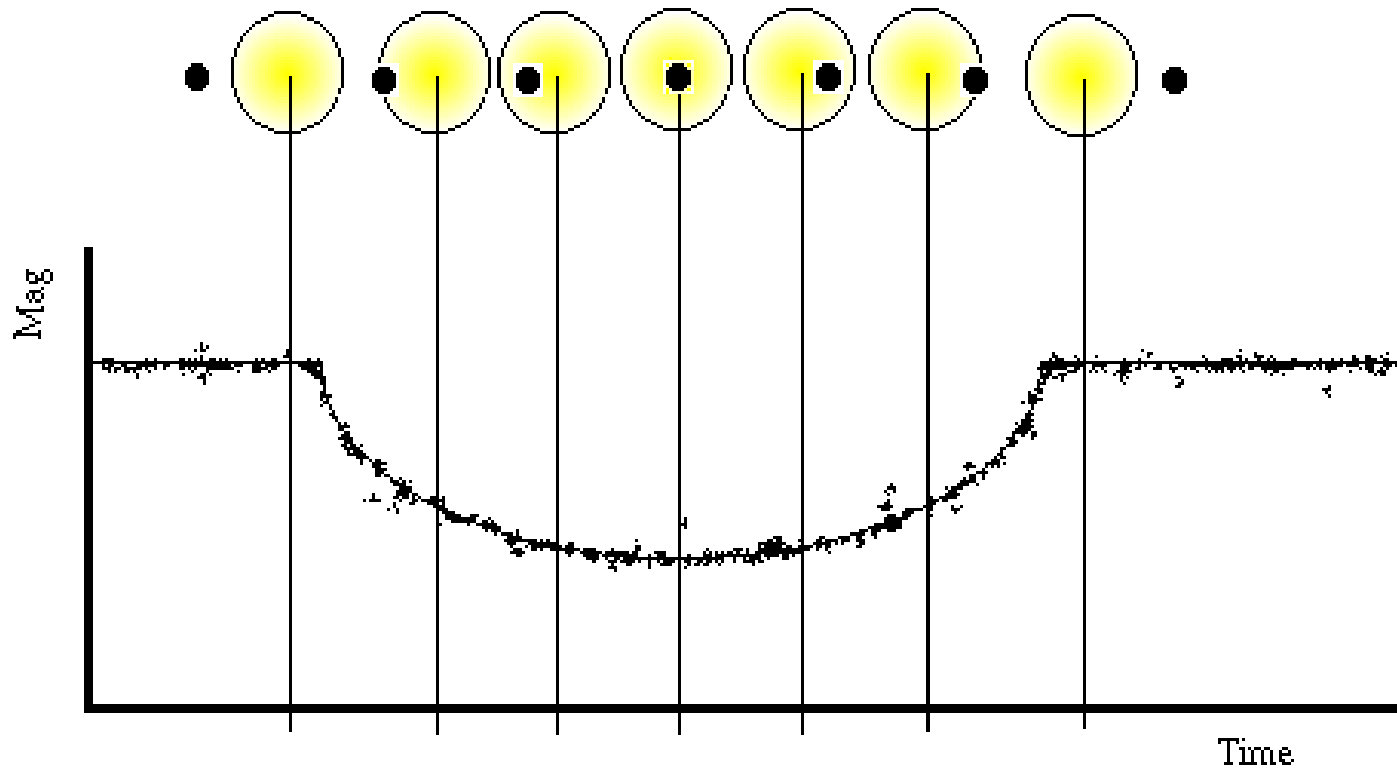
© CNES - Octobre 2005/Illus. D. Ducros

Europe + Brazil

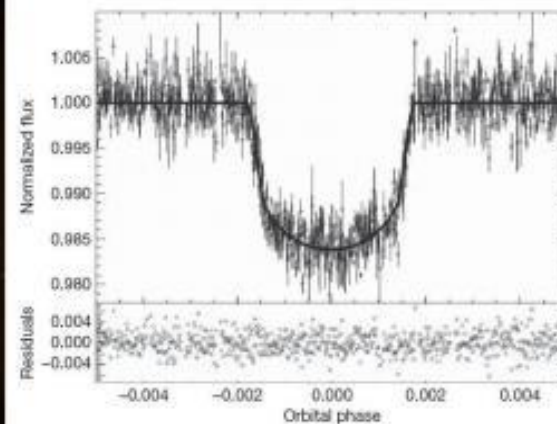
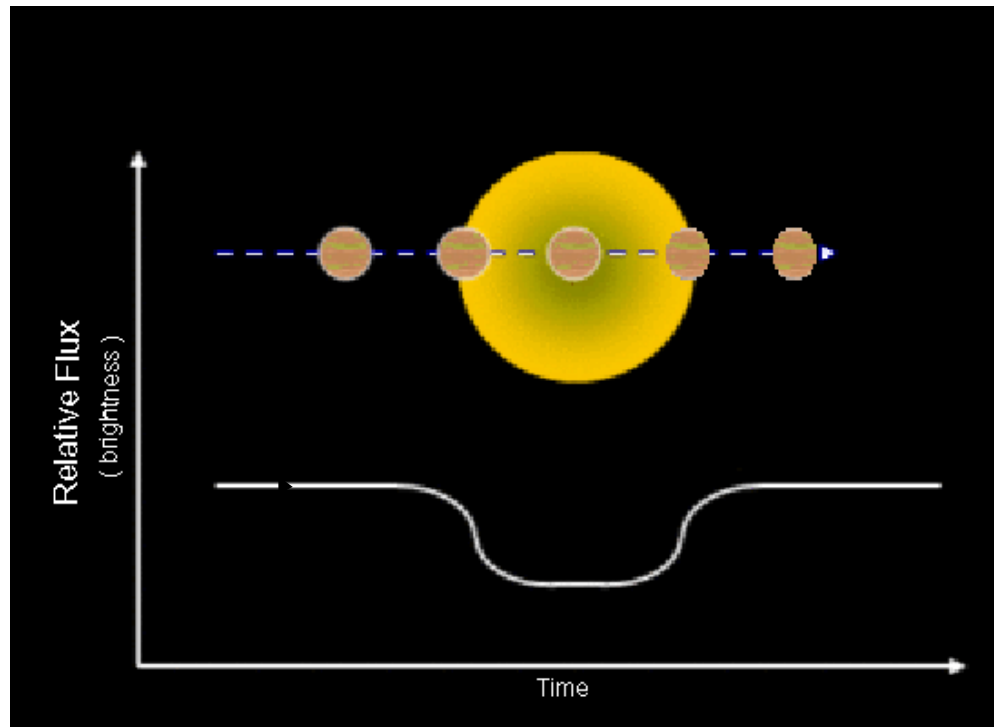


NASA

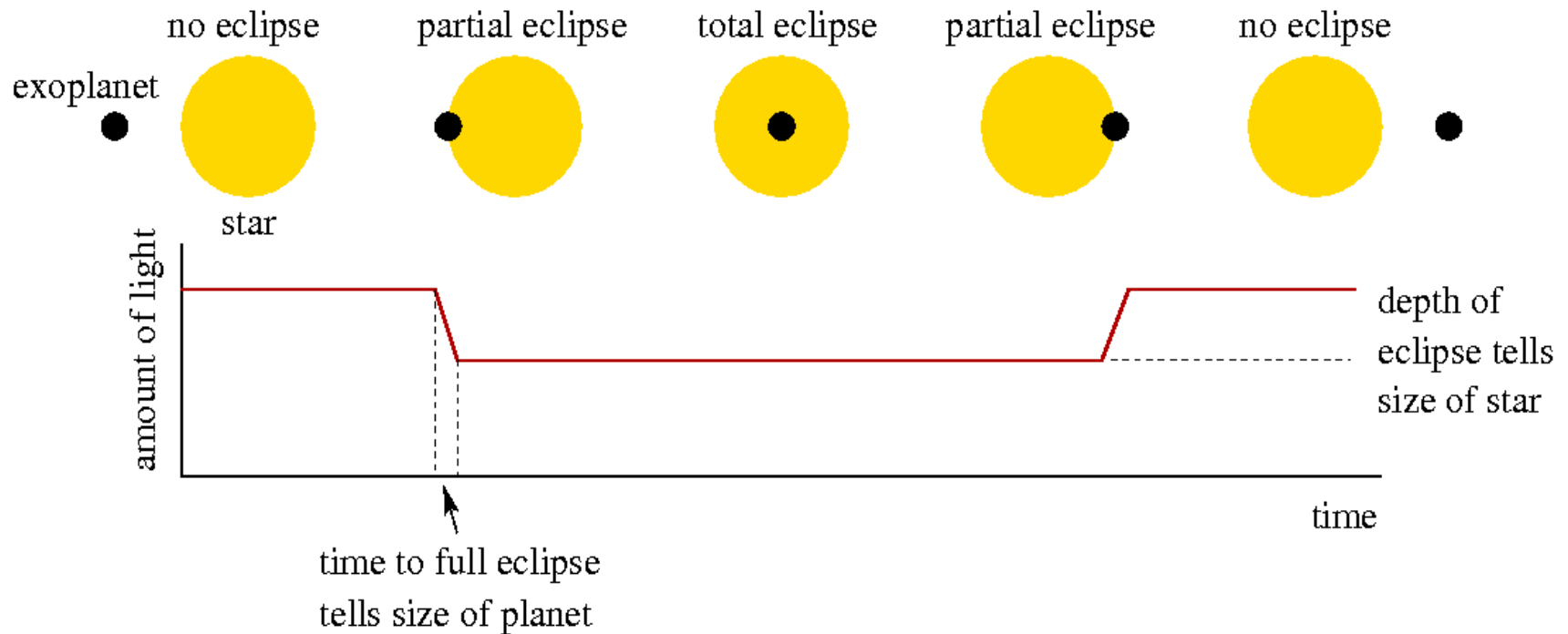
Detection of Planets- Transit Method



Method of planetary *Transits*



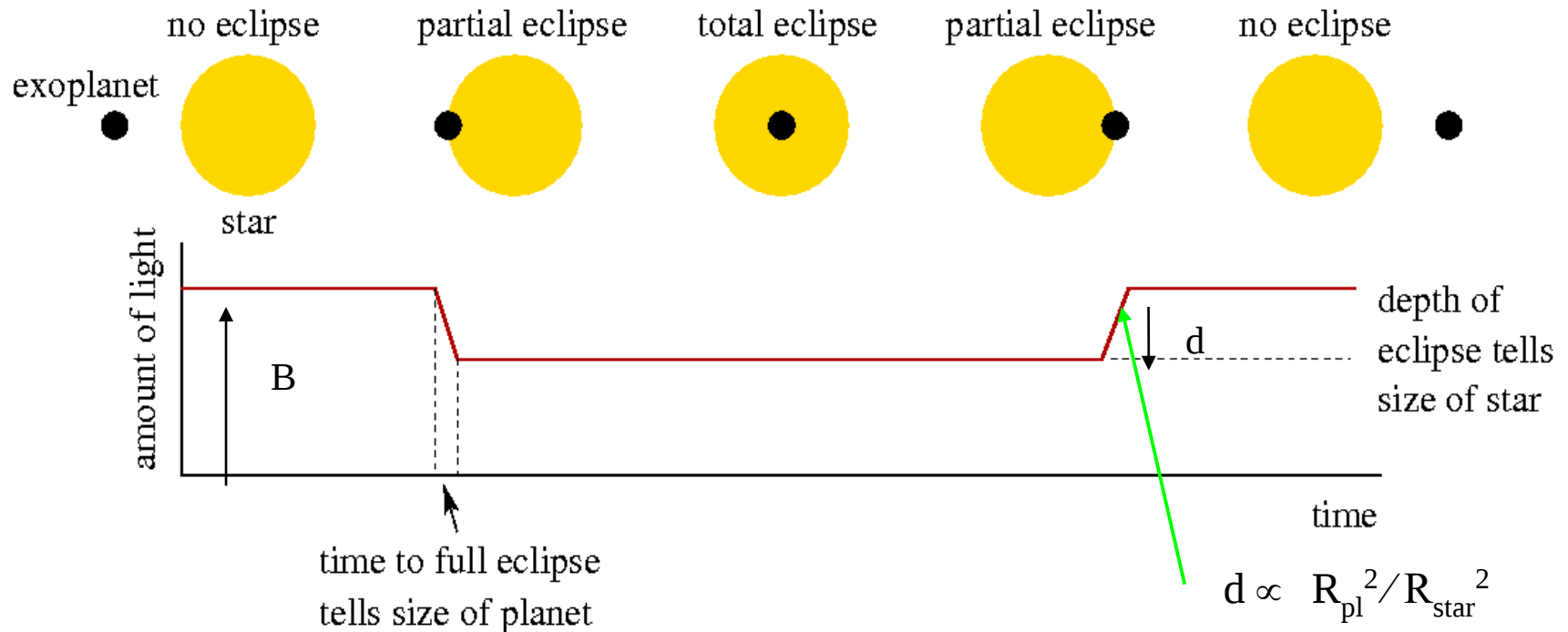
Método do Trânsito – Contatos



Durante o trânsito há 4 **contatos**, que são os instantes em que a borda do planeta toca a borda da estrela em um único ponto. Entre o contato 1 e o 2, o disco projetado do planeta está entrando no disco projetado da estrela. Por isso, o brilho da estrela diminui abruptamente. Entre os contatos 2 e 3, o disco do planeta está inteiramente dentro do disco da estrela e por isso o brilho da estrela é constante. Entre os instantes de contatos 3 e 4, o disco do planeta está saindo do disco da estrela e por isso o brilho aumenta rapidamente.

Os contatos são úteis para determinar a **composição atmosférica** do exoplaneta, pois nesses momentos uma parte significativa da atmosfera é iluminada por trás pela estrela, e elementos e moléculas são revelados por suas linhas de absorção.

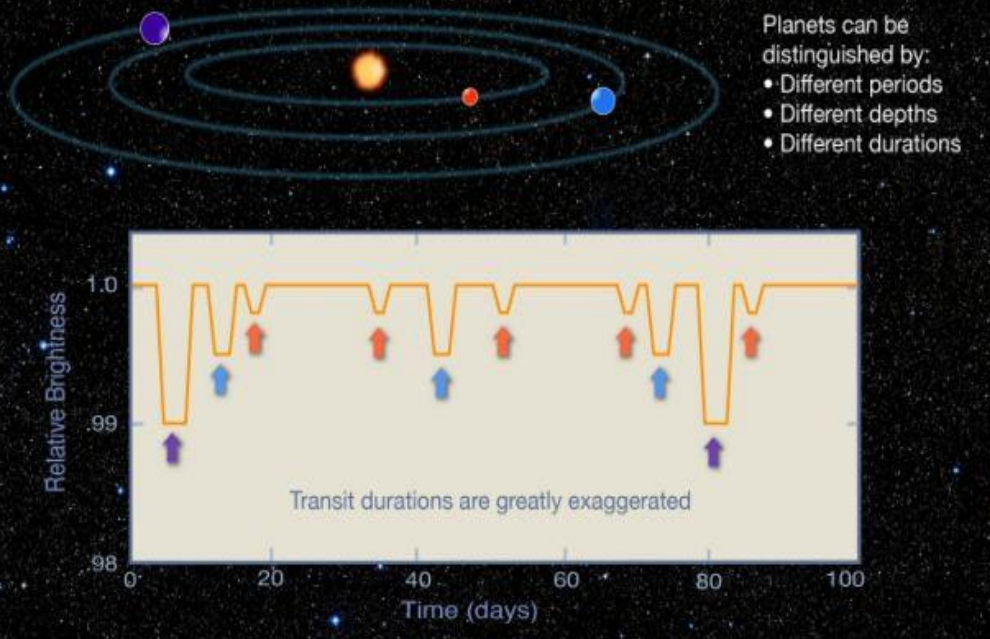
Método do Trânsito – Determinando R_{pl}



A profundidade do eclipse d (decremento máximo do brilho da estrela), é proporcional à razão entre as áreas do disco da planeta e da estrela ($\pi R_{pl}^2 / \pi R_{star}^2$), fornecendo o raio do planeta R_{pl} em termos do raio da estrela R_{star} . Se B é o brilho do exoplaneta não eclipsado:

$$R_{pl}^2 / R_{star}^2 = d/B \rightarrow R_{pl} = R_{star} (d/B)^{1/2}$$

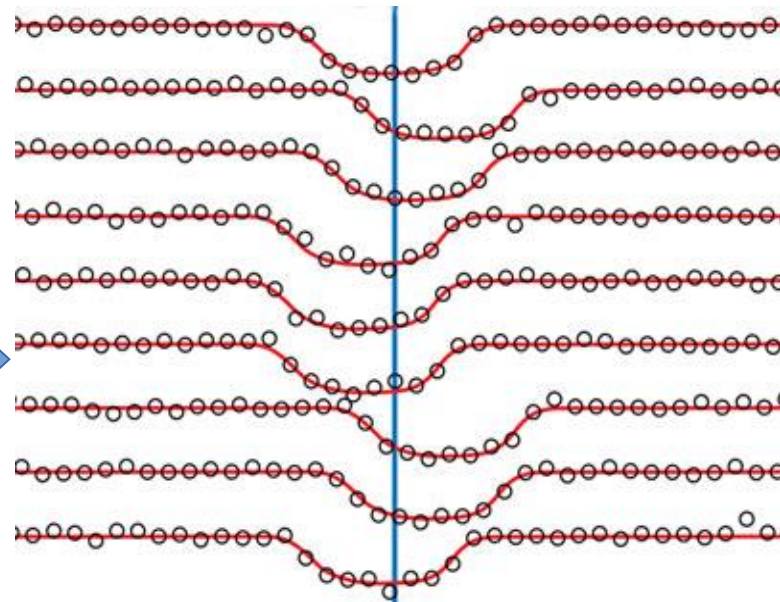
Transit Signature of a Multiple-Planet System



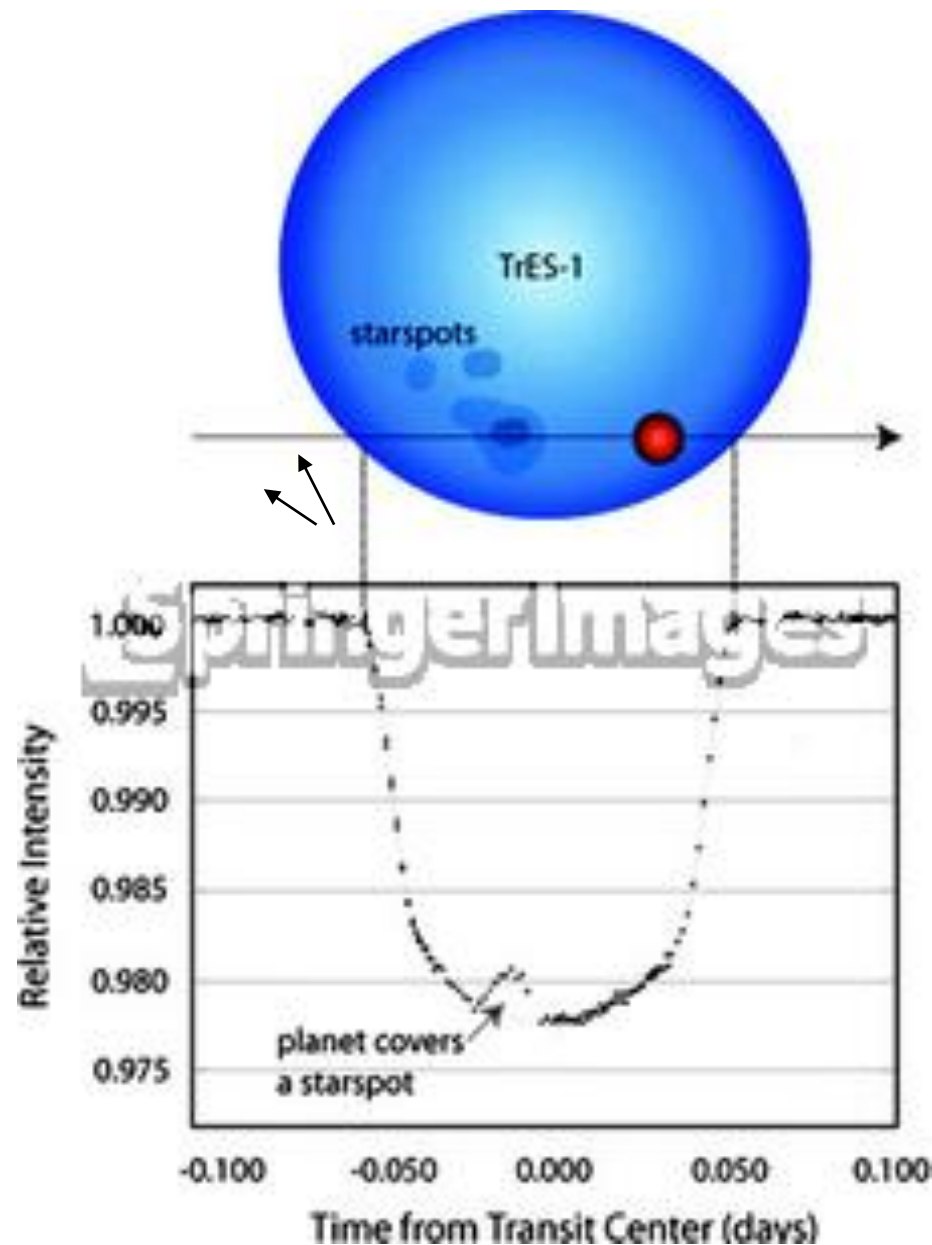
The moment of the eclipse by one planet is perturbed by the presence of other planet(s)



KEPLER and CoRoT have found **tens of multiplanetary systems**

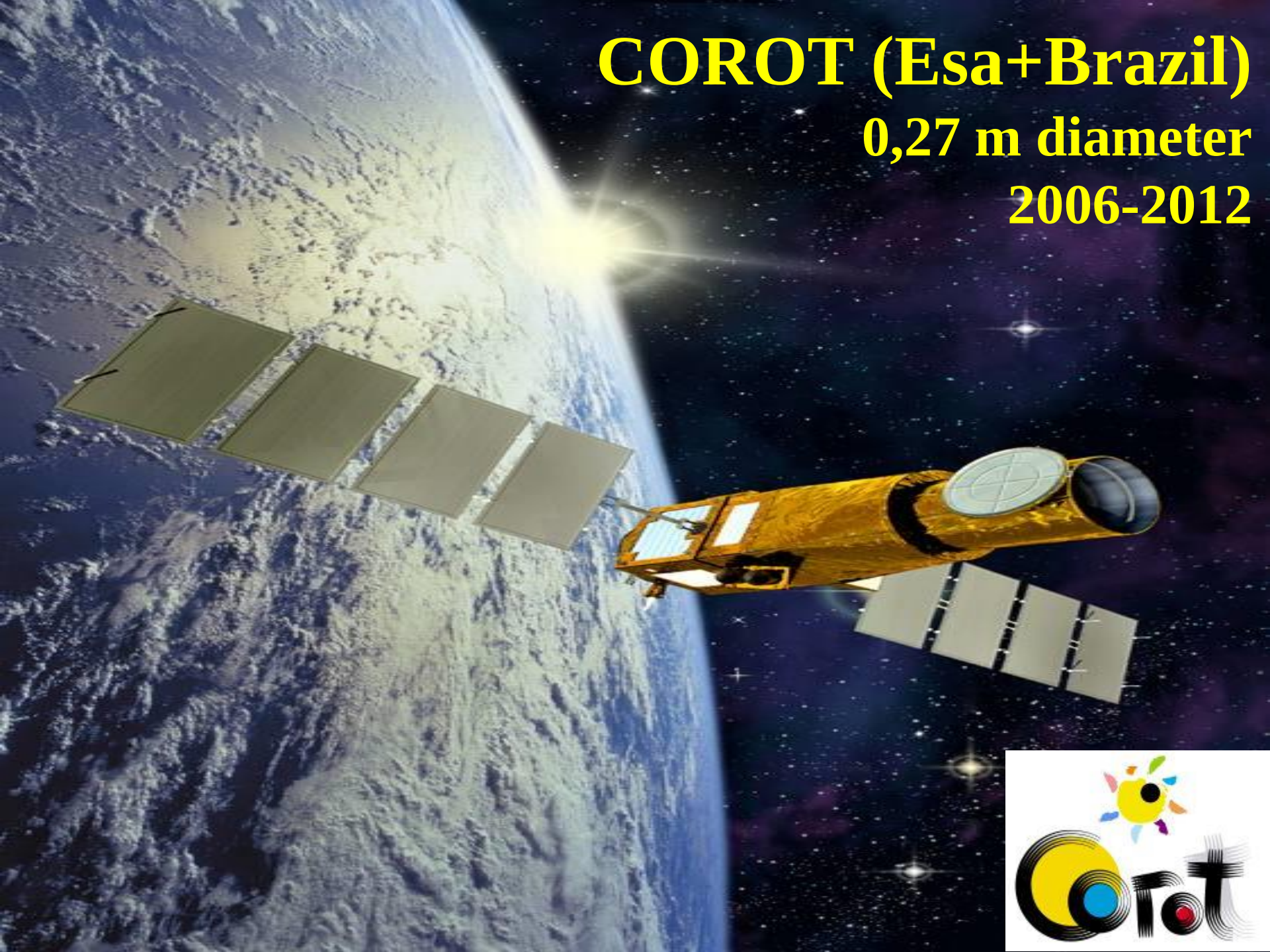


Transit Method detects "starspots"



COROT (Esa+Brazil)

0,27 m diameter
2006-2012



KEPLER (Nasa) 0,95 m diameter

2009-2018/11/15 (400 years of J. Kepler's death)



Spitzer (NASA) 0,85m diameter

2003-2009 (2009-2020/01/30 Warm Spitzer)



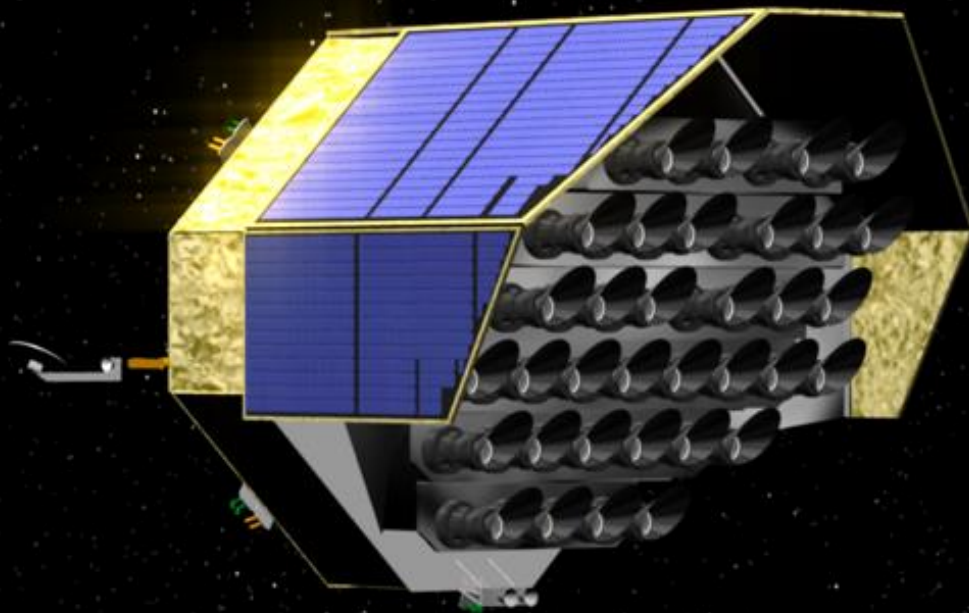
IR space
telescope

Tess
(Nasa)
4x
10.5cm dia.
refractors
2018-



PLATO

(ESA)
2026

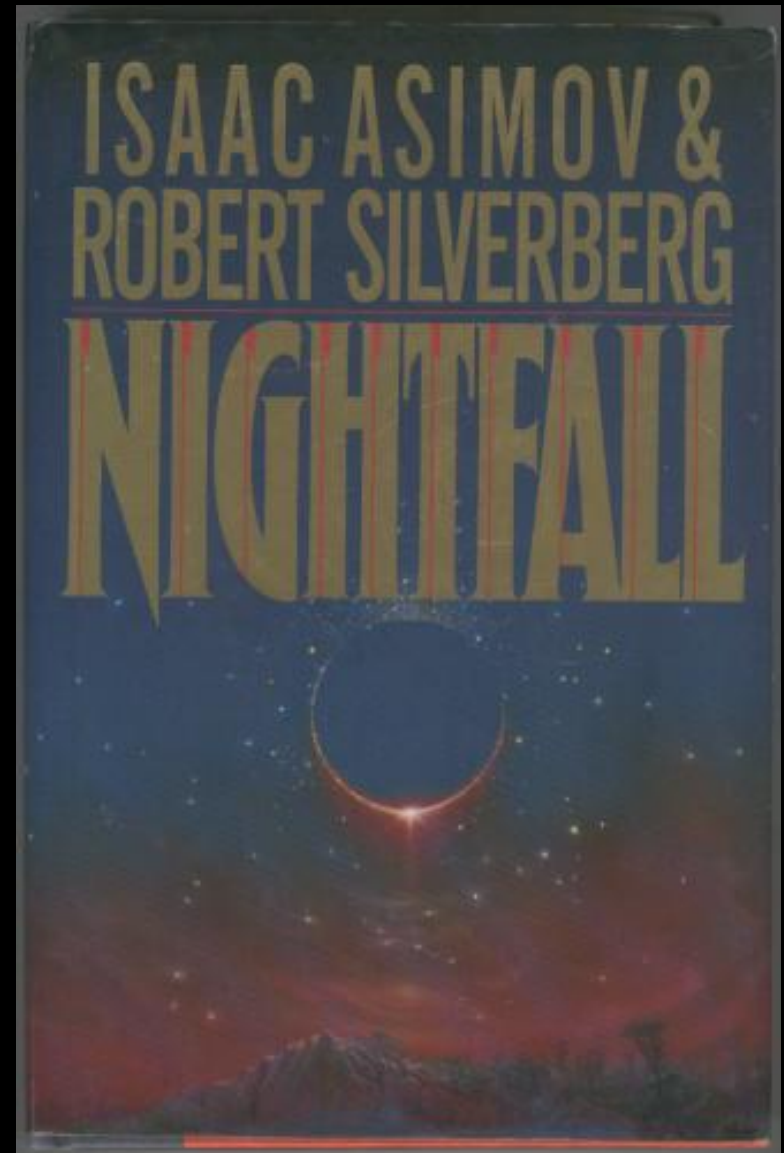
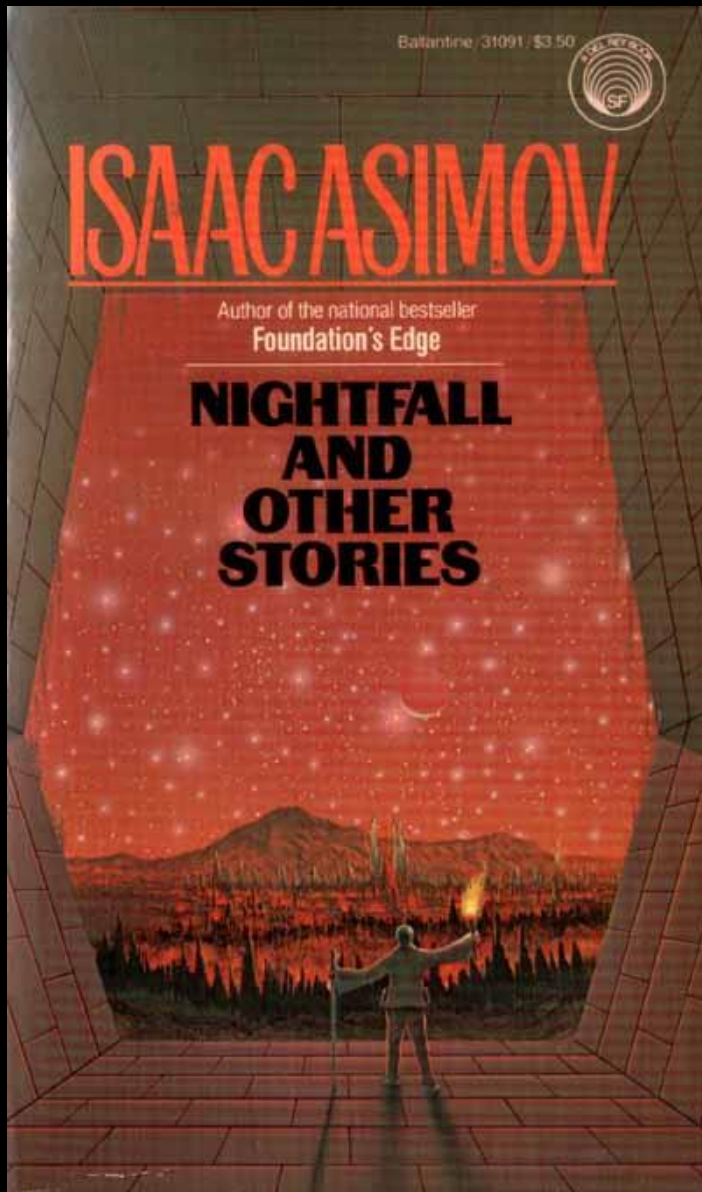


THE EXOPLANET ZOO

Number of planets in the Milky Way: ~
400 billion

Number of Earth-like planets in the
Milky Way: ~ 100 billion

1941



1990

HD 188753 Ab (2005)

- Período(B-C)=156 dias
- Período(BC-A)=25.7 anos
- Período(P-A)=3.3 dias



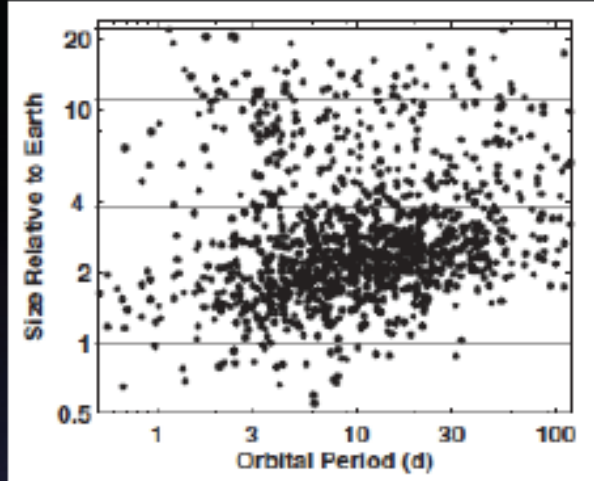
Outra possibilidade interessante:

Rocky Moon orbiting a Jupiter in HZ

There are many Jupiters
discovered in HZ



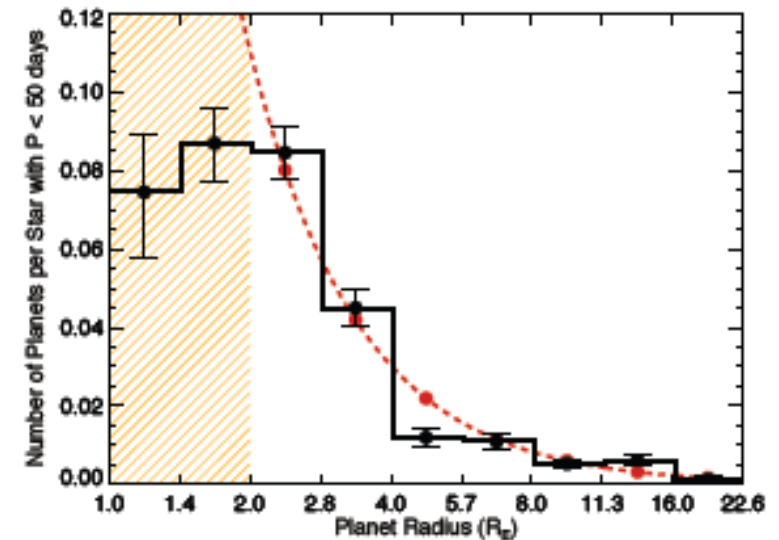
Lessons from Kepler



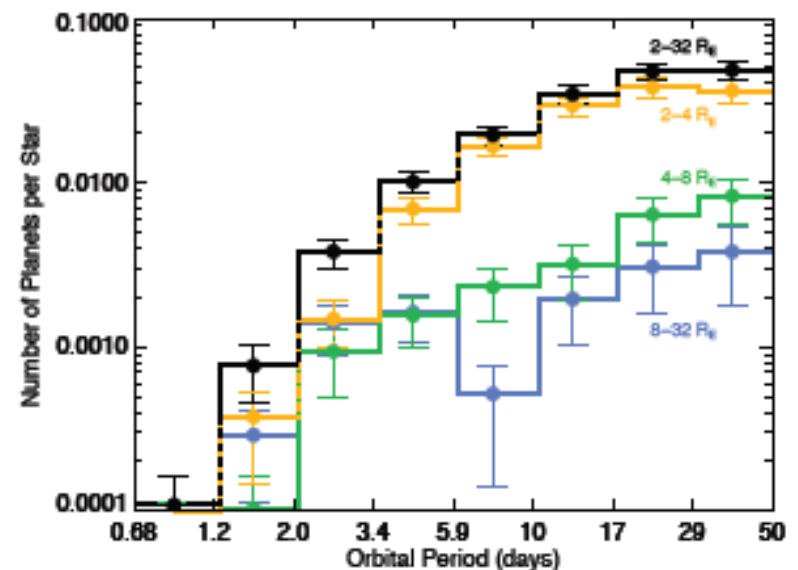
Borucki et al., 2011, ApJ

Planet population at orbital period less than 50 days :

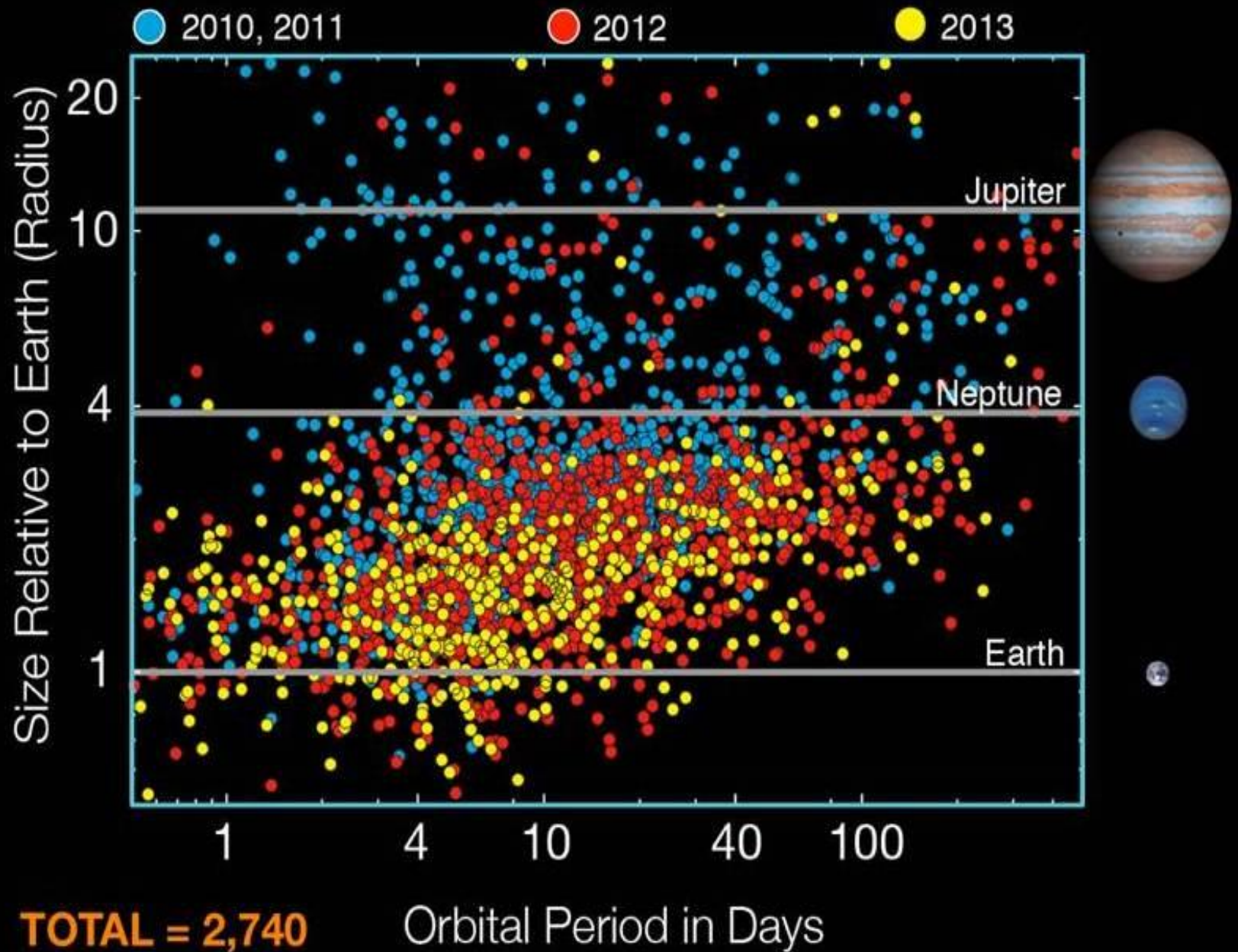
- small size planets (range $2 - 4 R_{\oplus}$) are the most numerous
- their frequency increases with increasing orbital period
- multiple transiting systems are frequent
~18%



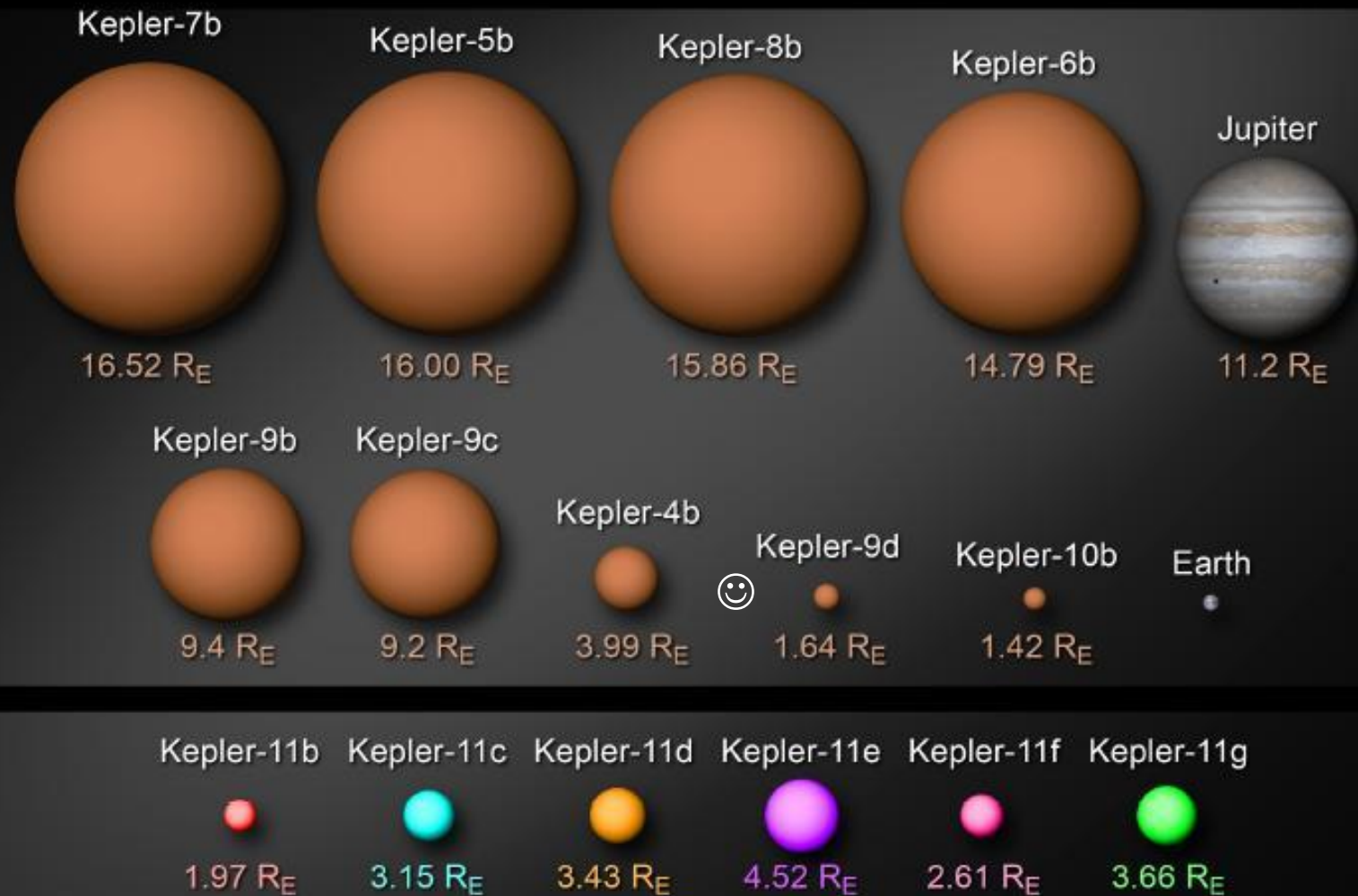
Howard et al., 2011, ApJ



The KEPLER + CoRoT legacy (www.seti-setr.org)



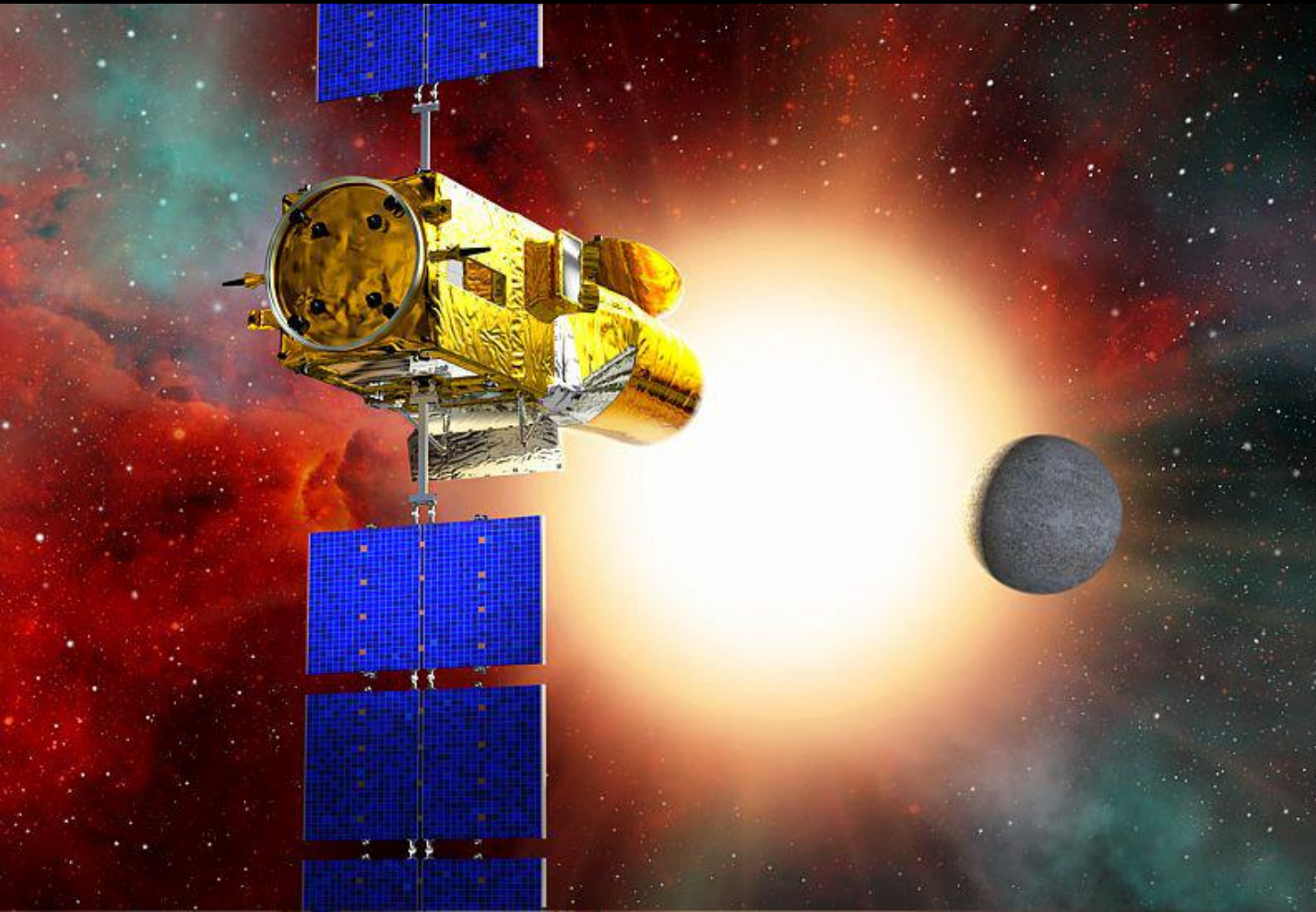
Planet Sizes



☺ = CoRoT 7b

CoRoT discovers “super Earth”

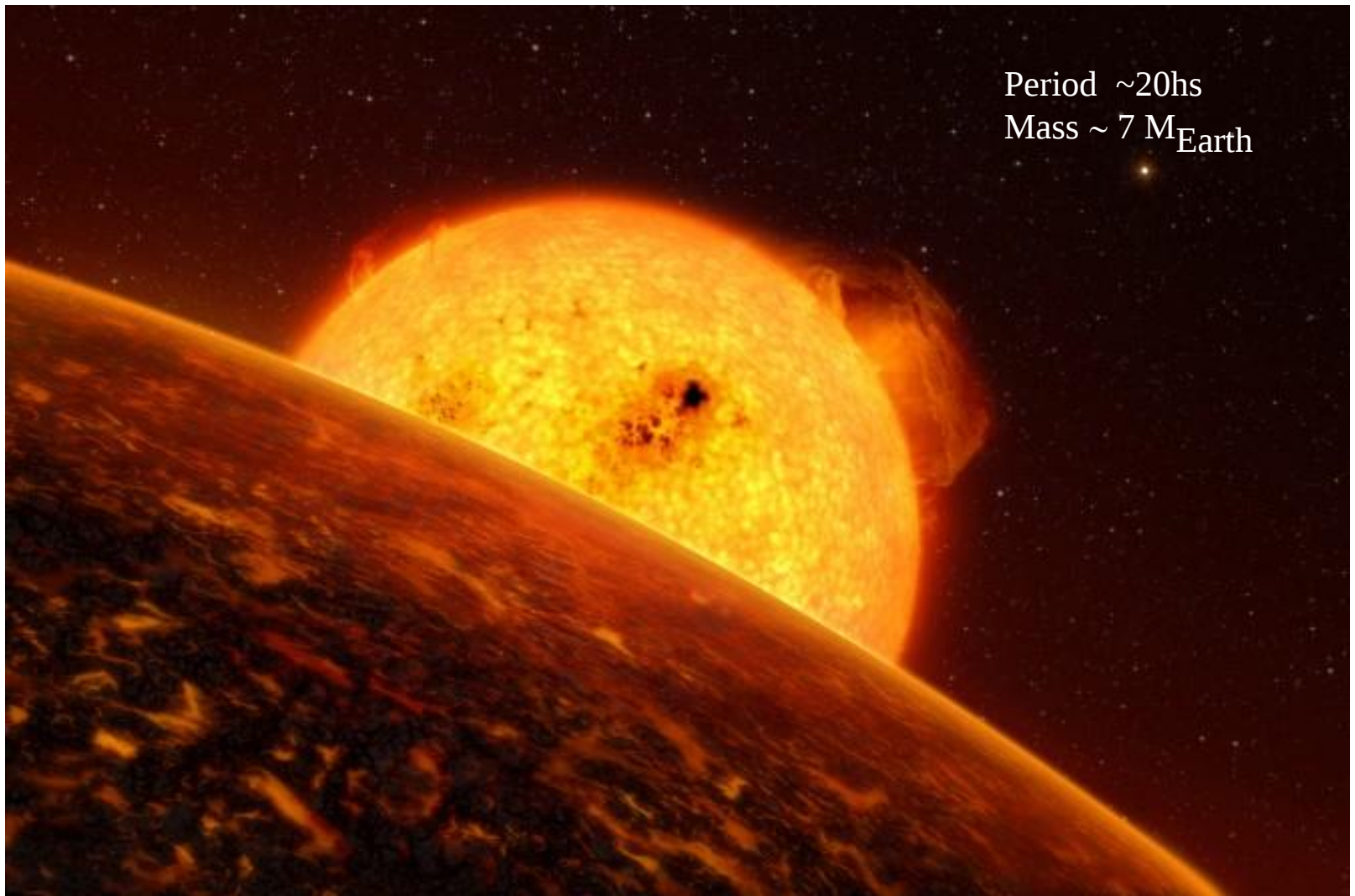
(02/09/2009)



CoRoT-Exo-7b

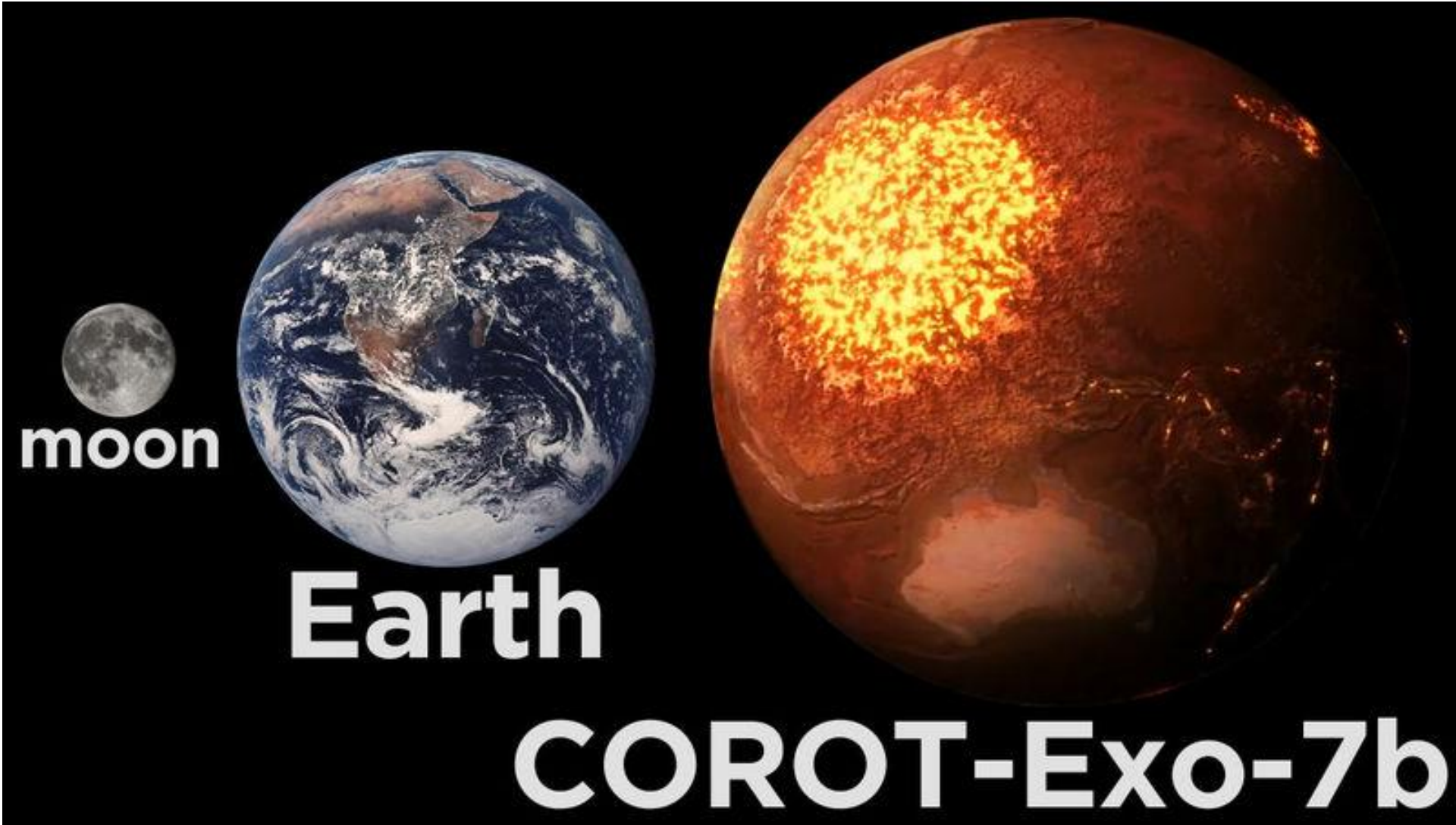
$R \sim 1.7 R_{\text{Earth}}$

$T \sim 1000\text{-}1500\text{ }^{\circ}\text{C}$



Period $\sim 20\text{hs}$
Mass $\sim 7 M_{\text{Earth}}$

CoRoT 7-b, the first planet discovered with Earth-like density



Métodos de Detecção de Exoplanetas

Informações e Limitações

- 1) Período orbital P_{orb}
- 2) Semieixo maior da órbita a
- 3) Excentricidade e
- 4) Inclinação da órbita i
- 5) Massa M_{pl}
- 6) Raio R_{pl}
- 7) Composição química do planeta (rochoso/gasoso)
- 8) Composição atmosférica

Velocidade radial Limitação: $i \neq 0^\circ$ (linha de visada não perpendicular à órbita)
 P_{orb} , a , e , $M_{pl} \sin(i)$, composição do planeta

Trânsito Limitação: i próximo de 90° (linha de visada alinhada com a órbita)
 P_{orb} , a , e , i , R_{pl} , composição do planeta, composição atmosférica

Habitabilidade



The Habitable Zone (HZ)

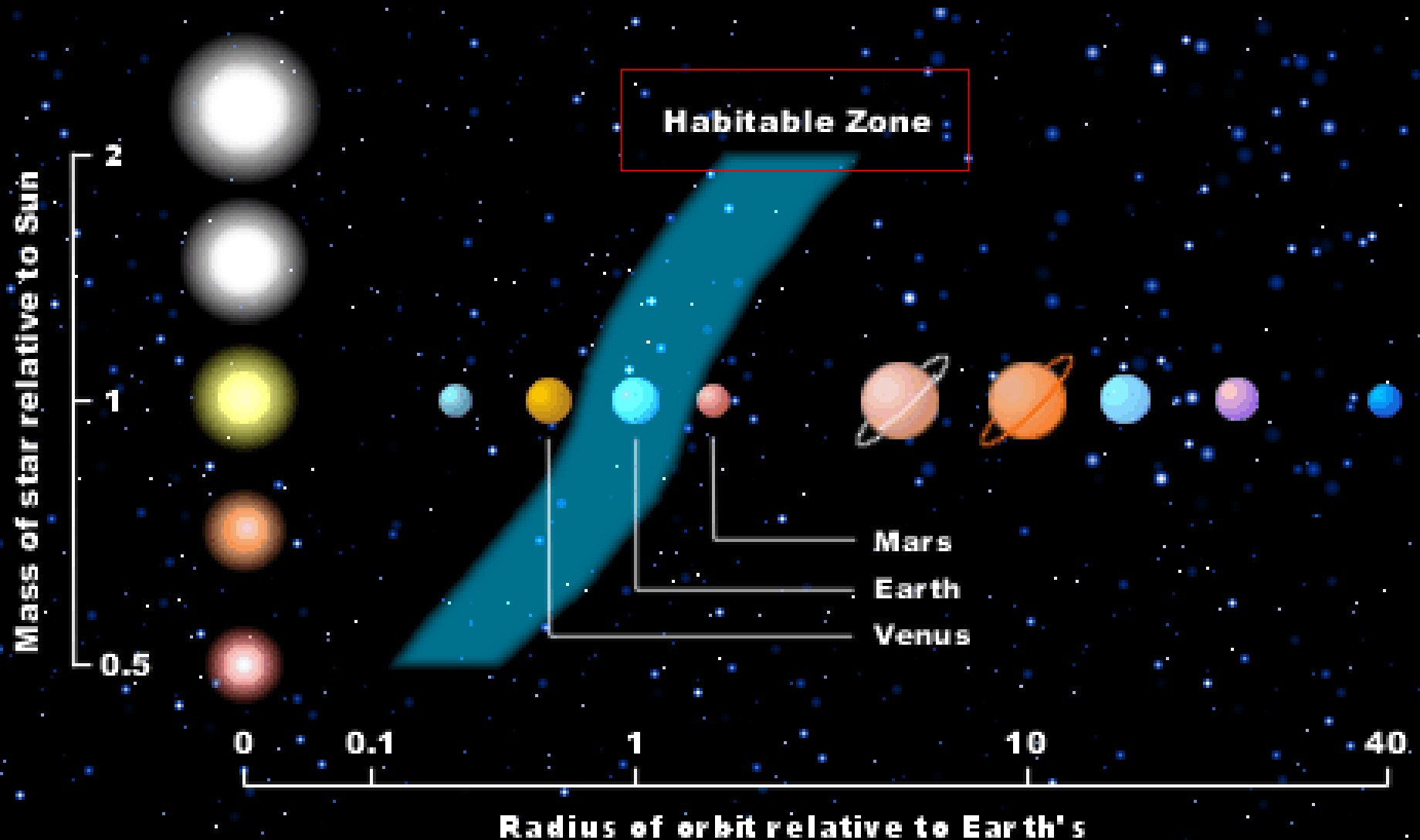
Definition: region around a star where the temperature on the surface of an eventual planet or moon can afford the presence of liquid water.

Conditions: the position and width of the HZ depends on the presence and composition of the atmosphere (greenhouse effect - GE).

On **EARTH**: GE raises temperature by $\sim 32\text{ }^{\circ}\text{C}$

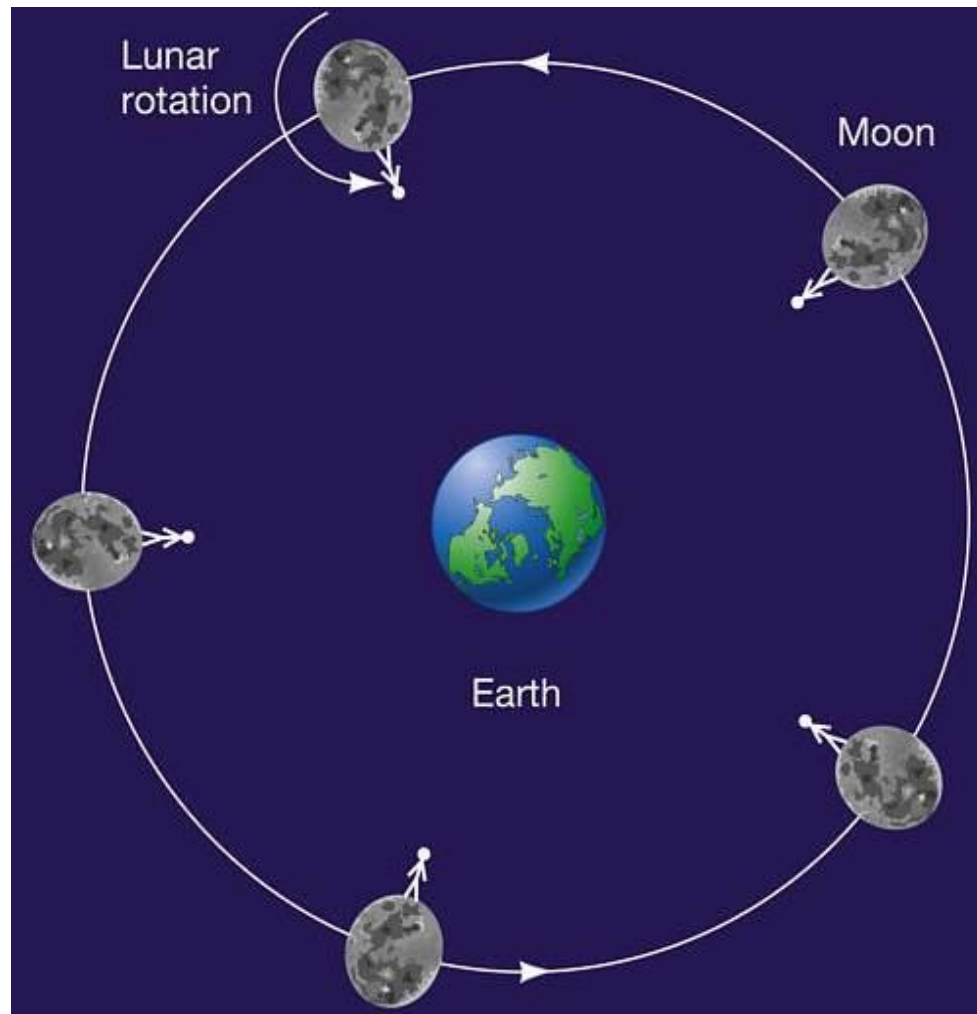
Zona Habitável Estelar

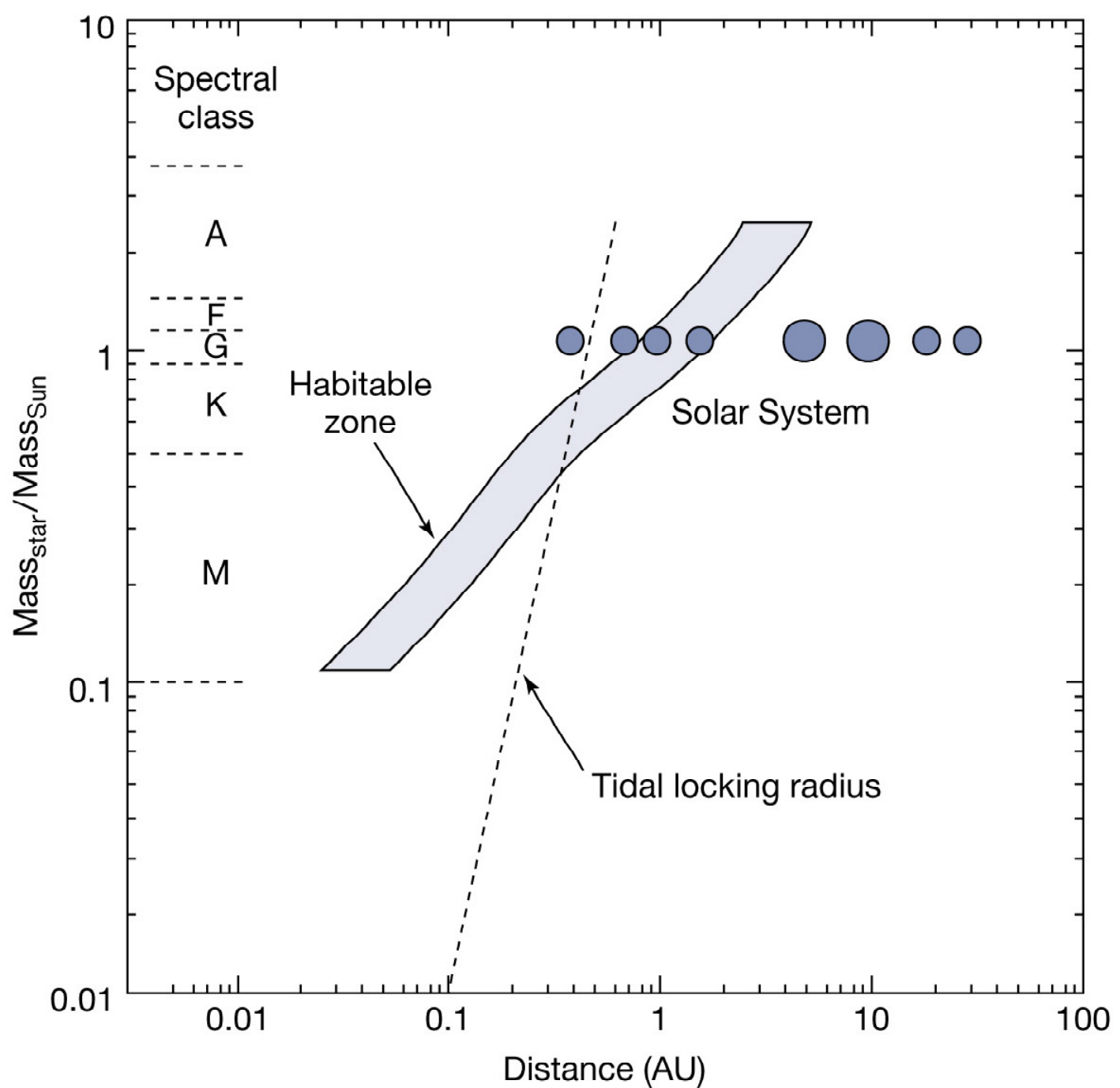
Água Líquida → Zona Habitável



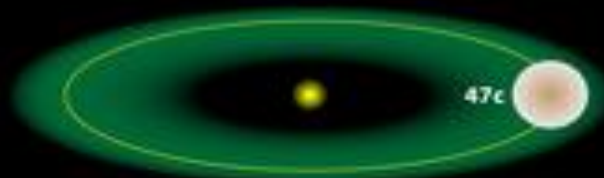
Prospects for finding habitable planets

- Best candidates are F, G, and early K-type stars, *i.e.*, stars not too different from the Sun
- Early-type stars (blue stars)
 - High UV fluxes
 - Short main sequence lifetimes
- Late-type stars (red dwarfs) – M-class
 - Tidal locking
 - Lots of flares
 - But: 85% of stars in Milky Way are red dwarfs (> 100 billion planets)





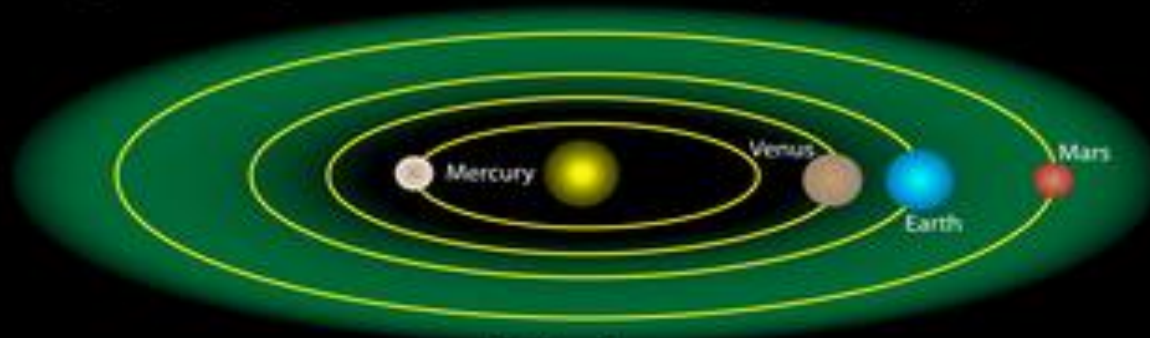
Habitable Zone



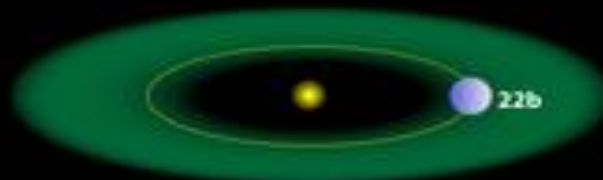
Kepler-47 System



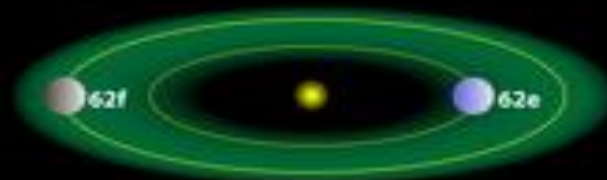
Kepler-69 System



Solar System

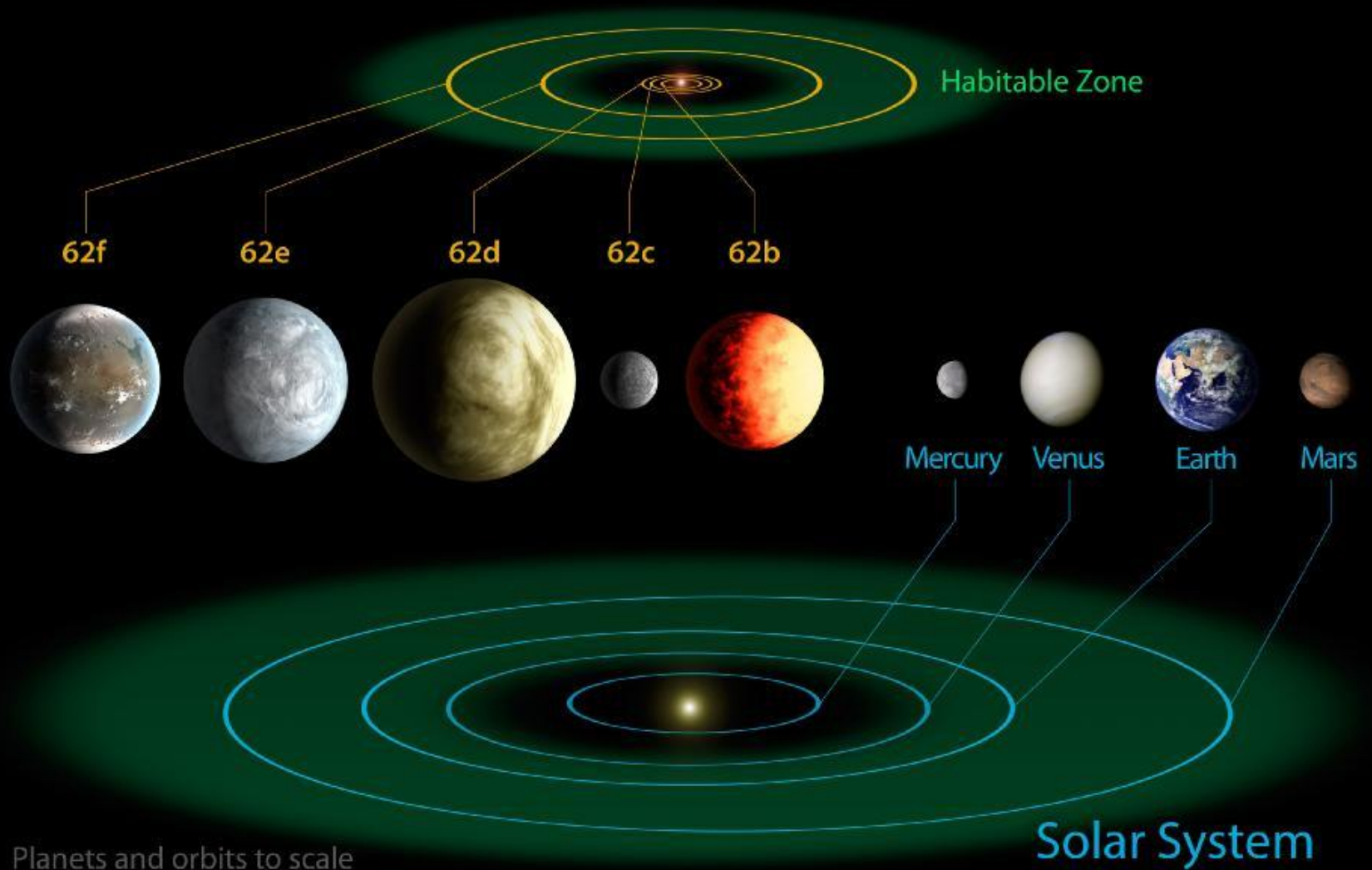


Kepler-22 System



Kepler-62 System

Kepler-62 System



Potentially Habitable Exoplanets



Earth



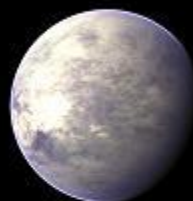
Kepler-62 e



Gliese 667C c



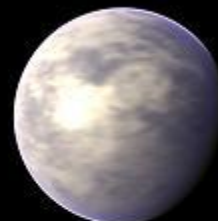
Gliese 581 g*



Tau Ceti e*



Gliese 667C f



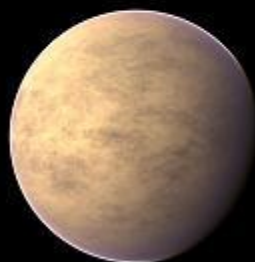
Kepler-22 b



Gliese 163 c



Kepler-61 b



HD 40307 g*



Kepler-62 f



Gliese 667C e



Gliese 581 d

*planet candidates

CREDIT: PHL @ UPR Arecibo (phl.upr.edu) July 29, 2013

O Estranho Caso do Sistema Solar de Gliese 581

Outra Terra, a 20,4 anos-luz de distância



Astrônomos descobrem planeta que pode ser habitável

Folha Online 24/04/2007 - 22h44

Astrônomos encontraram um planeta fora do nosso Sistema Solar que é potencialmente habitável, com temperaturas parecidas com as da Terra. A descoberta foi considerada um grande passo na procura por vida extraterrestre.



O planeta tem o tamanho certo, pode ter água em forma líquida e, em termos de Universo, está relativamente perto, a cerca de 20,5 anos-luz da Terra. Ele gira em torno de uma anã vermelha --uma estrela muito menor, menos luminosa e mais fria que o nosso Sol-- chamada de Gliese 581.

O planeta, batizado de **Gliese 581c**, foi descoberto pelo telescópio do Observatório Europeu do Sul (ESO) em La Silla, no Chile.

Sistema planetário de Gliese 581

O novo planeta é cinco vezes mais pesado que a Terra. Não se sabe ainda se ele é rochoso como a Terra ou se é uma esfera de gelo, com água líquida na superfície. Se for rochoso, que é o que a teoria prevalecente propõe, tem um diâmetro cerca de 1,5 vez maior que o do nosso planeta. Se for uma esfera de gelo, seria maior ainda.

Quem descobriu Gliese 581c?



Michel Mayor

Uma equipe de onze astrônomos da Suíça, França, e Portugal.

Esta equipe faz parte do grupo liderado por Michel Mayor, do Observatório de Genebra, na Suíça, responsável pela descoberta de 89 exoplanetas (até 4/6/2007)

Há 242 exoplanetas descobertos até essa data (24/04/2007)

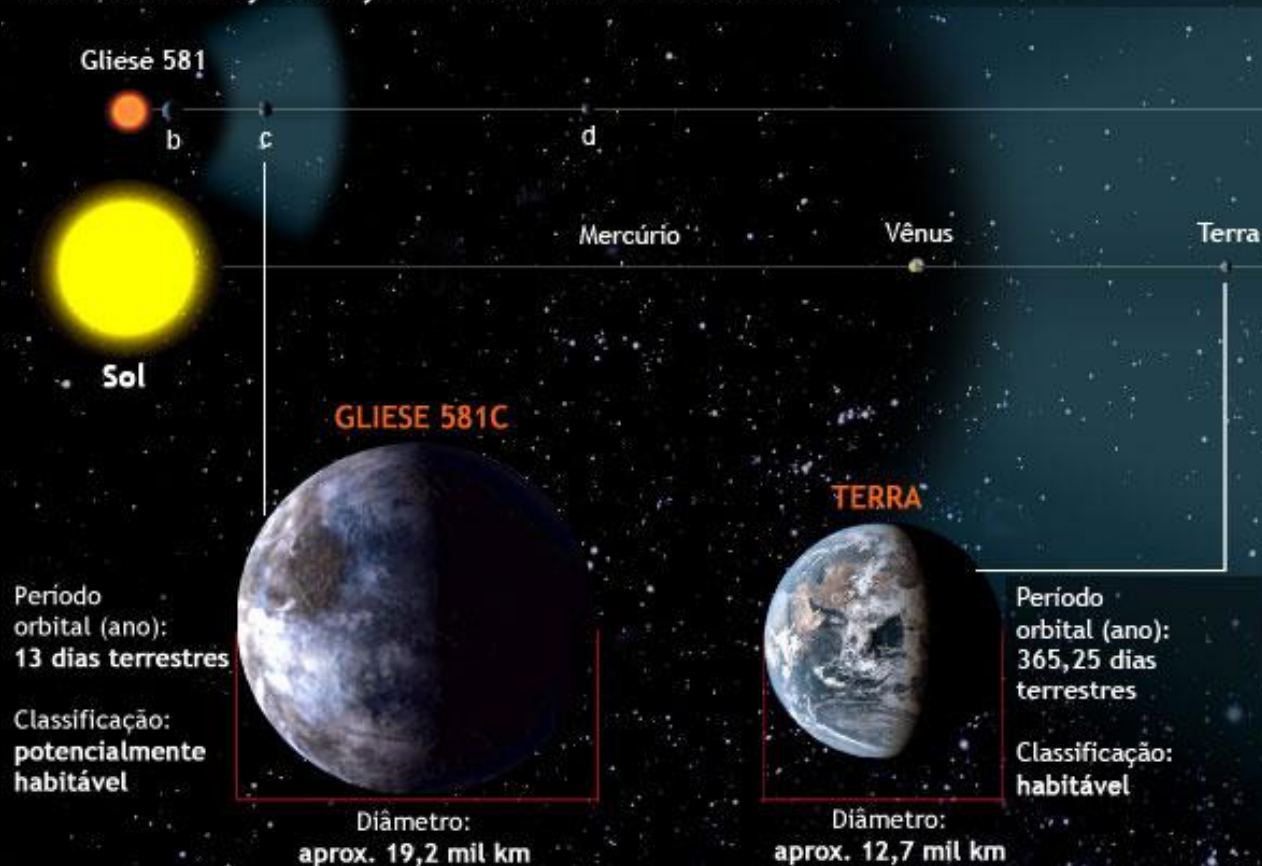
Instrumentos utilizados da descoberta de Gliese 581c



Telescópio de 3,6m do ESO,
em La Silla, Chile, a 2400m
de altitude

O Estranho Sistema Solar de Gliese 581

Outra Terra, a 20,4 anos-luz de distância



Planeta	Massa	“Ano”	Distância
Gliese 581b	15 M_{Terra}	5,4 dias	6 milhões km
Gliese 581c	5 M_{Terra}	13 dias	11 milhões km
Gliese 581d	15 M_{Terra}	84 dias	38 milhões km

⇐ Distância “certa” para água líquida (temperatura= 0-40 C)

Gliese 581c – um mundo aquático?

Um planeta de classe Aurélia?

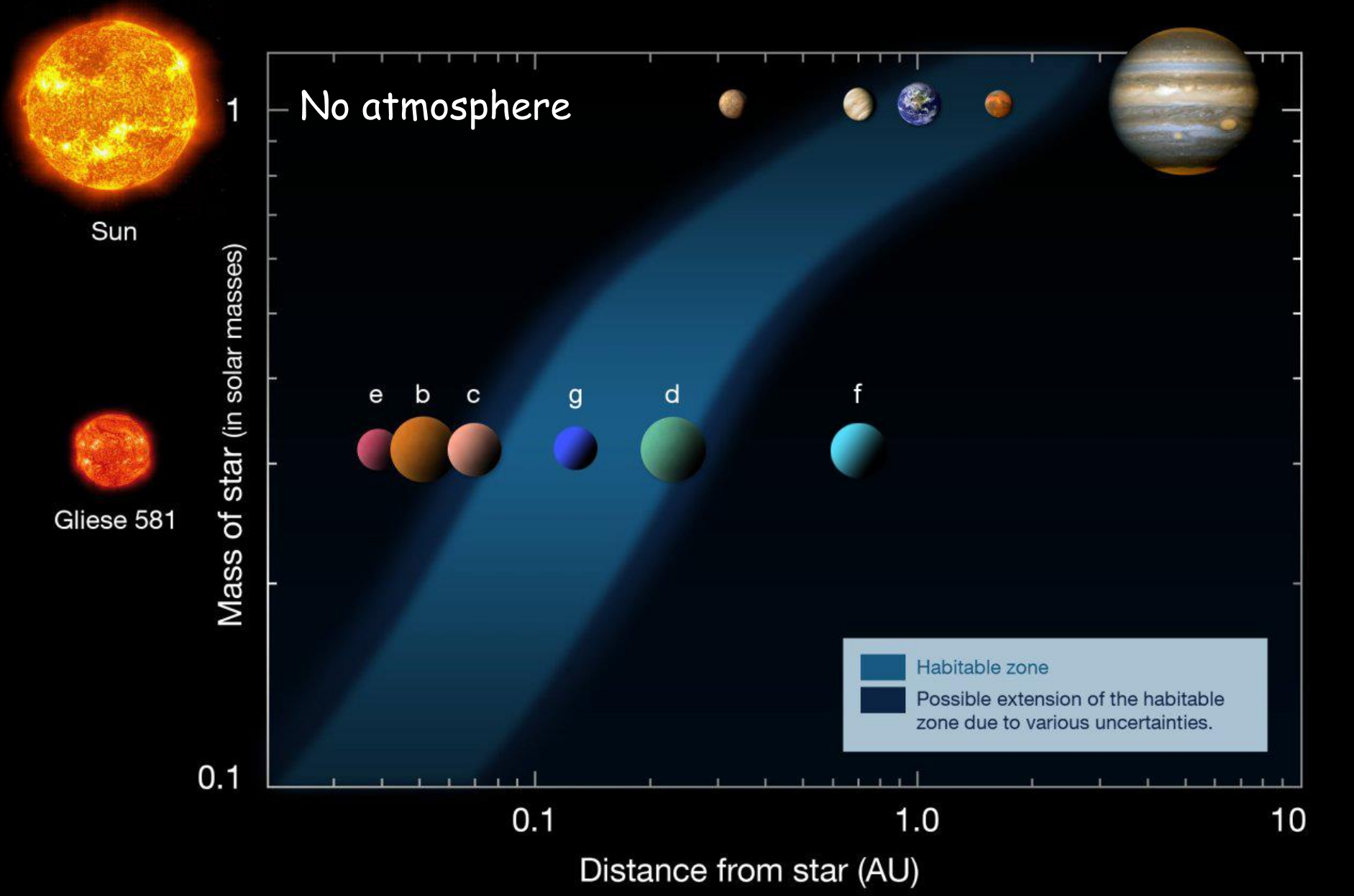
Um lado, dia para sempre



Outro lado, noite eterna

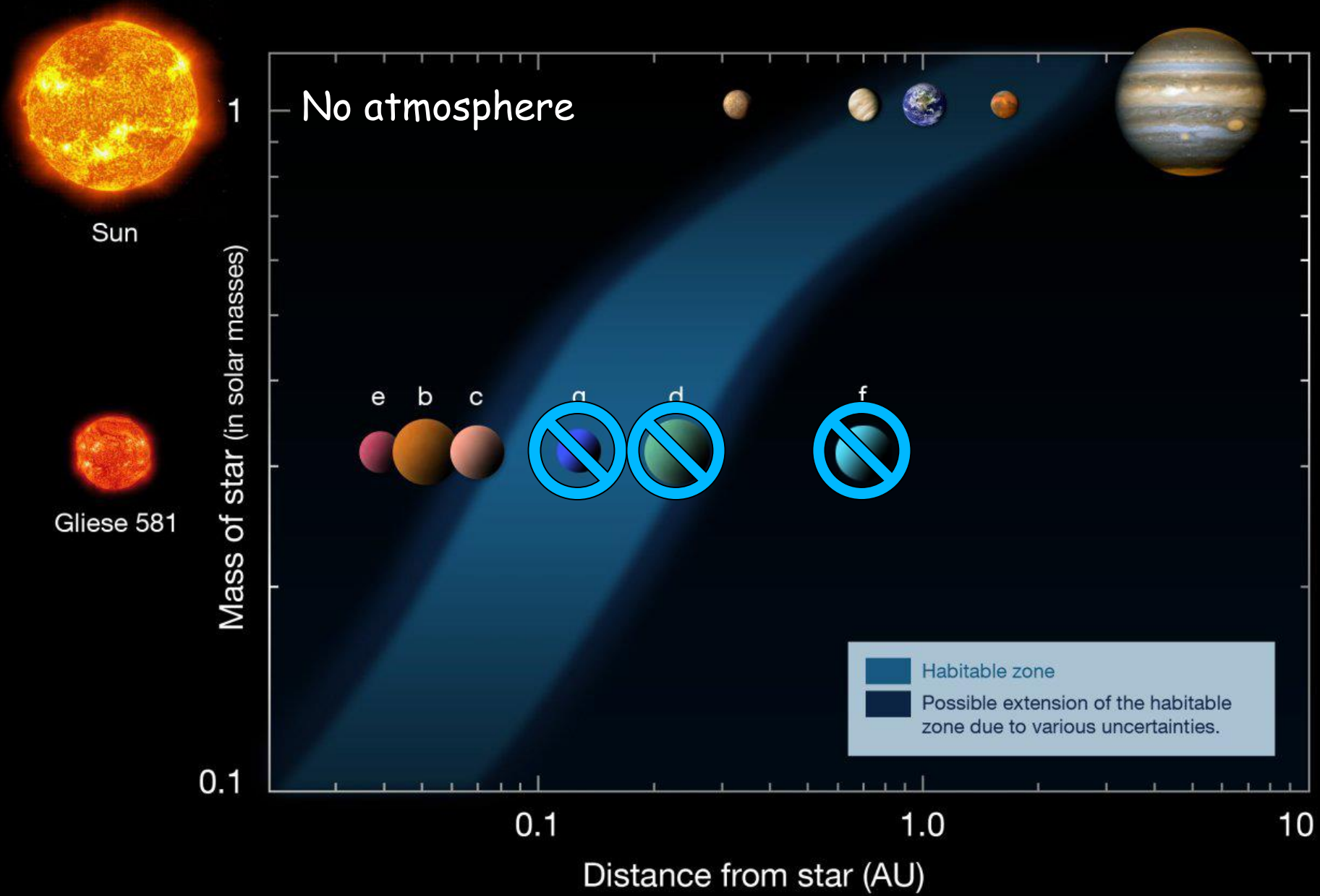
GLIESE 581 PLANETARY SYSTEM UPDATE

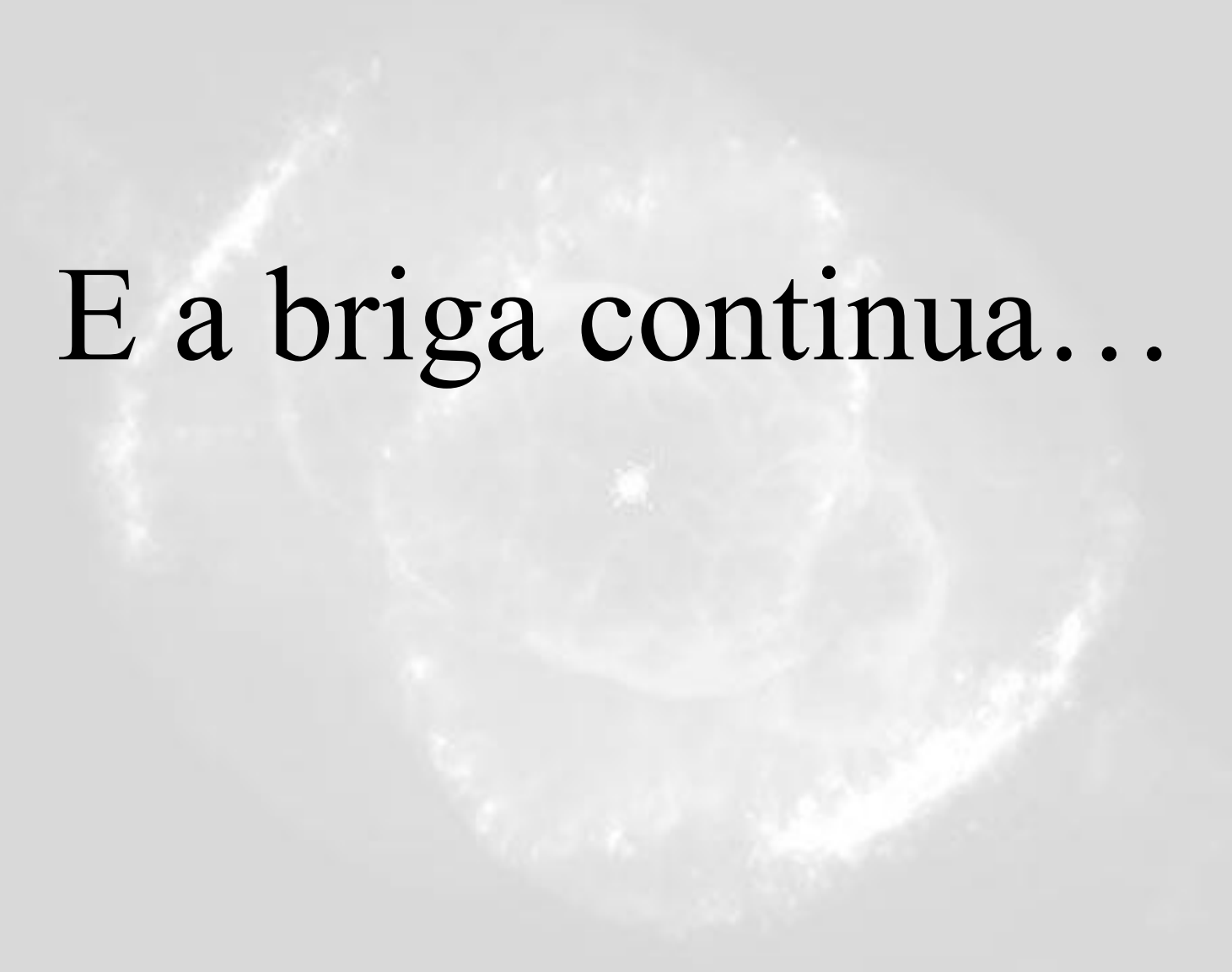
2007: 3 planetas
2009-2012: + 3 planetas



GLIESE 581 PLANETARY SYSTEM UPDATE

2013: f descartado
2014: d, g descartados





E a briga continua...