

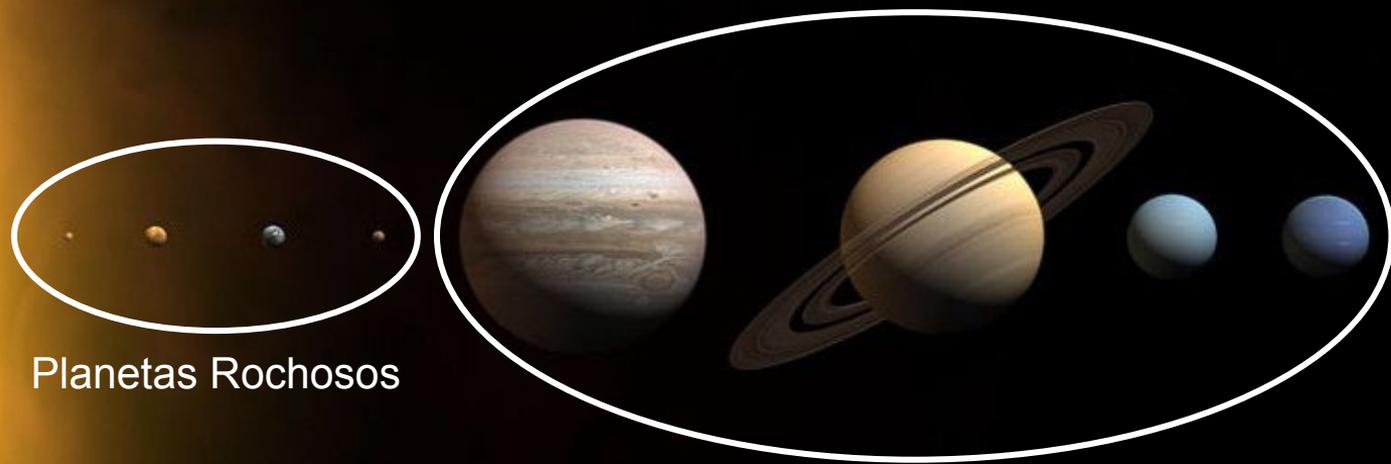
# Detecção e caracterização de planetas extrassolares

Escola de Verão de Física - 2022

Ana Alexandra Dias  
Beatriz Lima  
Madalena Costa  
Raquel Casteleiro  
Rodrigo Santos

Ana Rita Silva  
Bárbara Soares

# Sistema Solar

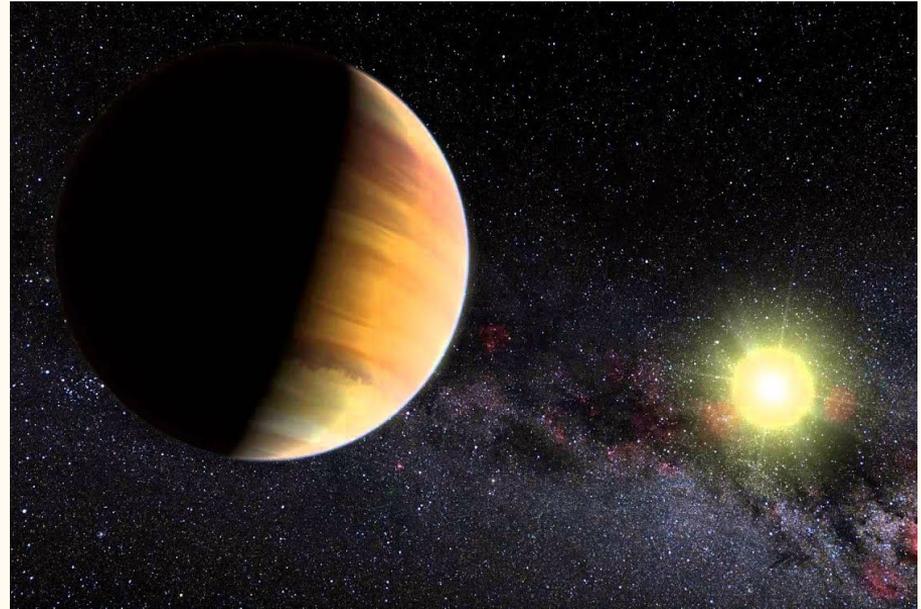


Planetas Rochosos

Planetas Gasosos

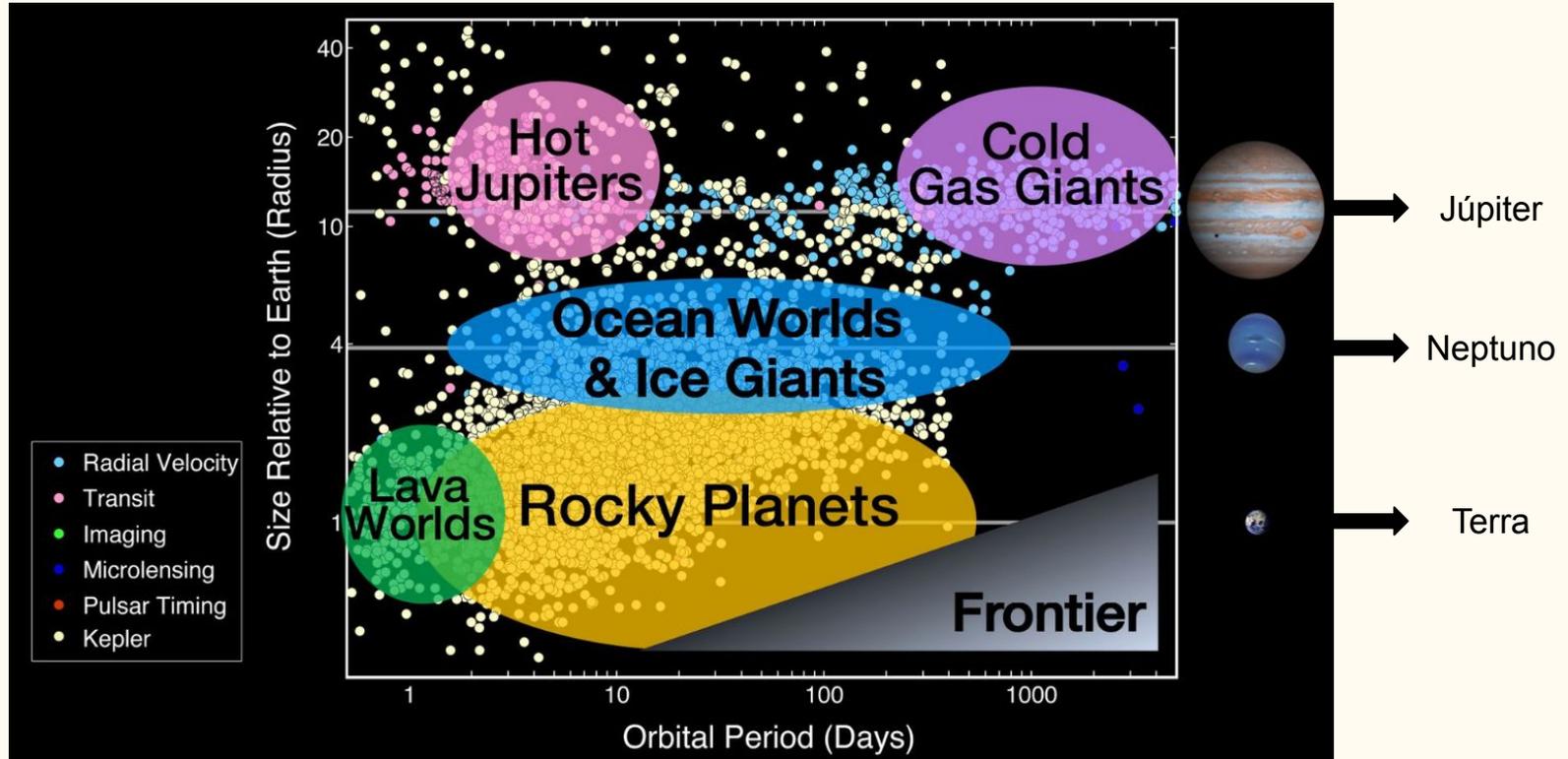
# Exoplanetas

- Planeta extrassolar: encontra-se fora do Sistema Solar;
- Michel Mayor & Didier Queloz (1995) → 51 Pegasi b;
- Atualmente, são conhecidos mais de 5000 exoplanetas.



Representação artística do exoplaneta 51 Pegasi b

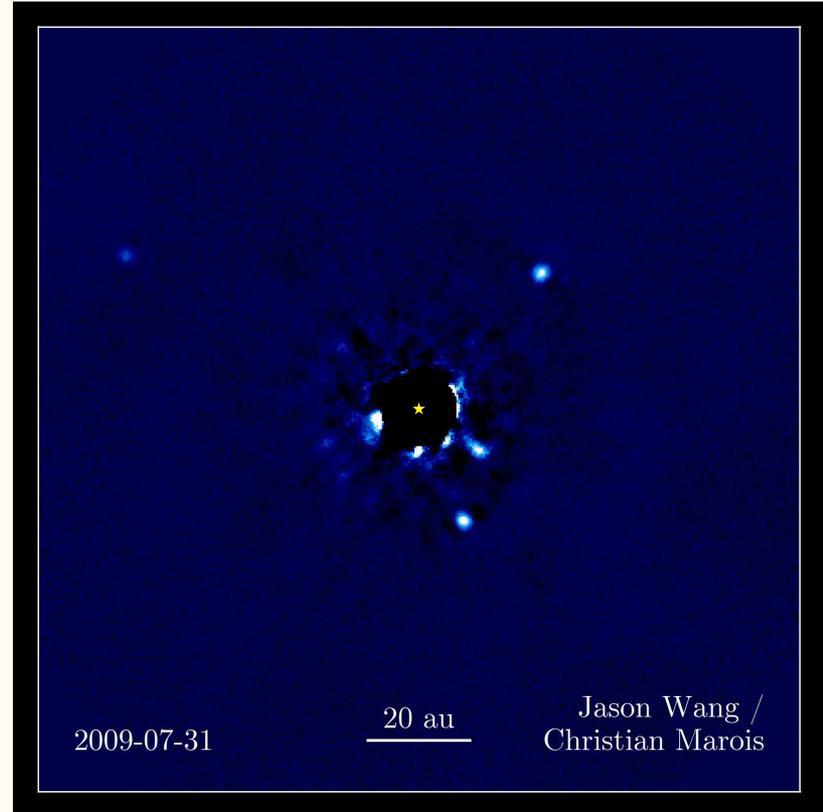
# Exoplanetas



# Métodos utilizados na detecção de exoplanetas

## Imagem Direta

Tal como o nome indica, através deste método observamos diretamente os planetas, ocultando a luz da estrela que ofusca frequentemente estes mesmos planetas, impedindo-nos de os observar.

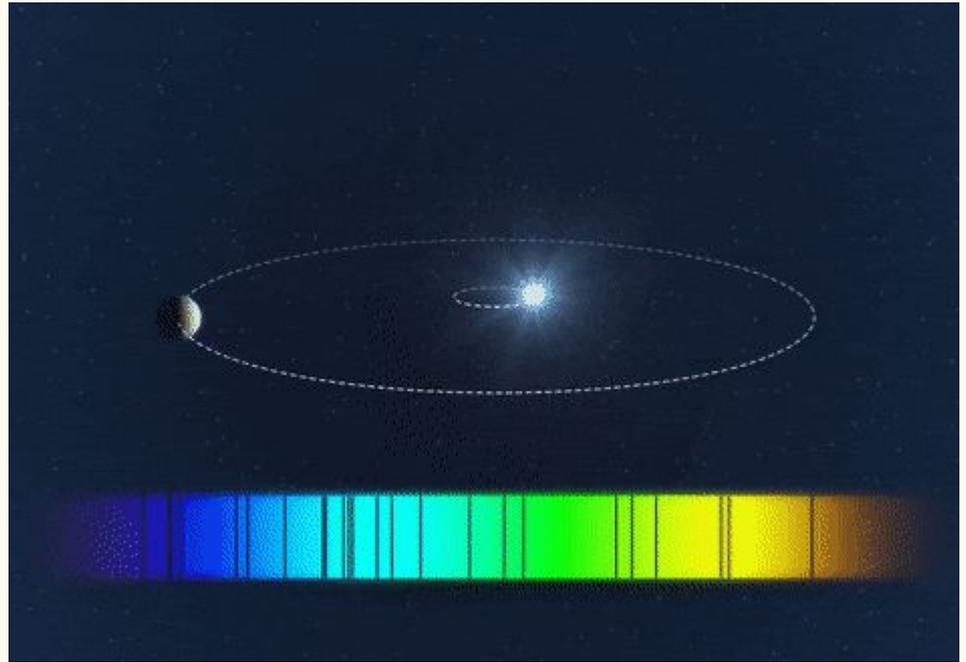


# Métodos utilizados na deteção de exoplanetas

## Métodos das Velocidades Radiais

A espectroscopia dá-nos informações acerca dos desvios de comprimentos de onda verificados nos espectros eletromagnéticos, ao longo do tempo.

Através da análise destes desvios, é possível deduzir a **velocidade radial da estrela**, e o **período** e a **massa mínima do planeta**.

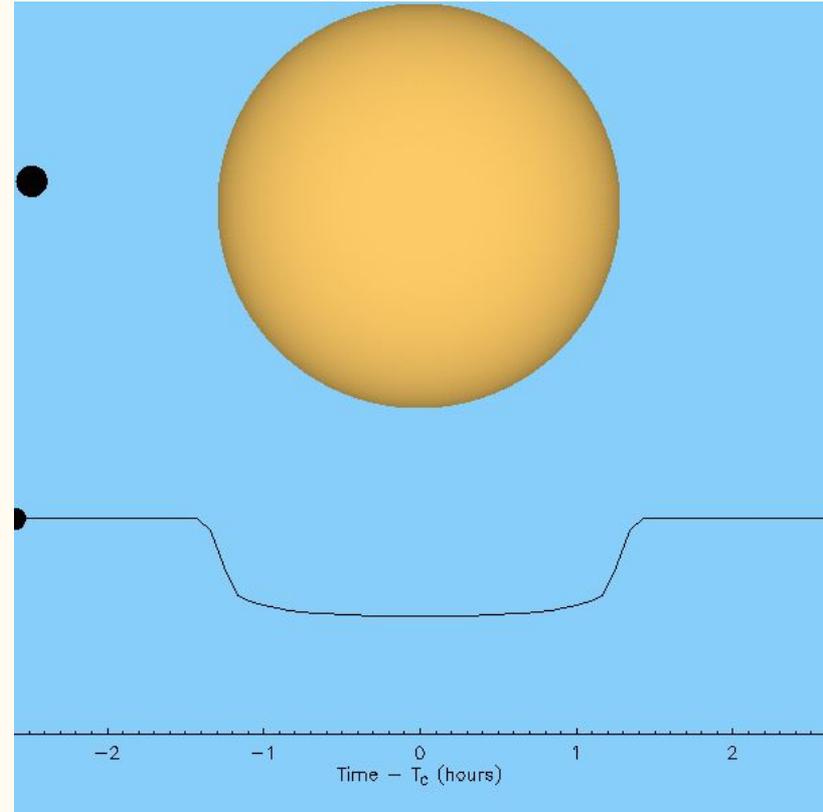


# Métodos utilizados na detecção de exoplanetas

## Método dos Trânsitos

Através da fotometria, é possível observar uma diminuição temporária do fluxo que nos chega a partir da estrela, o que acontece devido à passagem de um possível planeta à frente da estrela.

Este método é usado, principalmente, para determinar a **inclinação do sistema** e o **rácio entre o raio do planeta e o raio da estrela**.

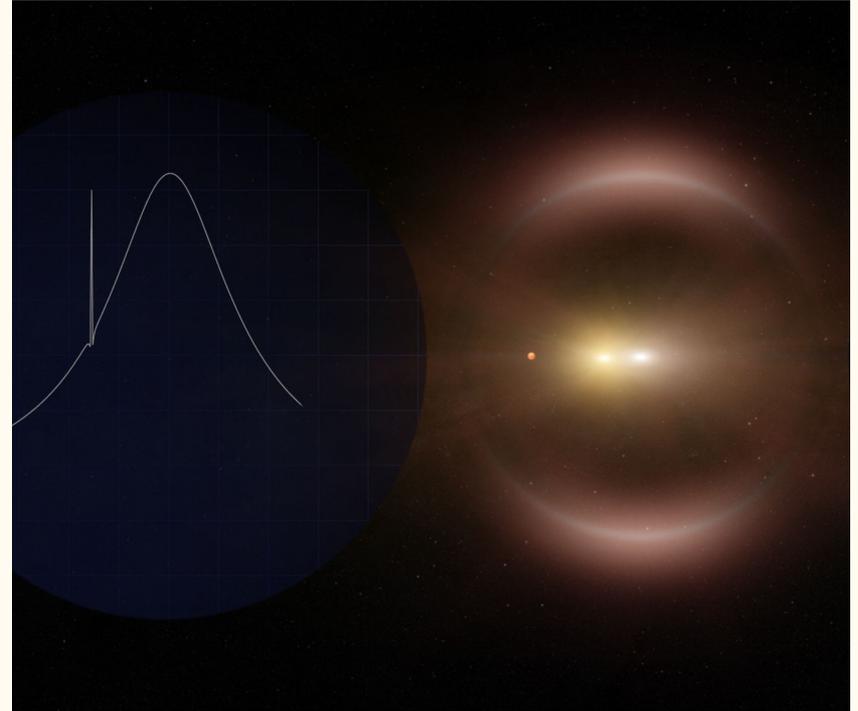


# Métodos utilizados na detecção de exoplanetas

## Microlensing

Por vezes verifica-se um desvio diferente do previsto para a trajetória da luz.

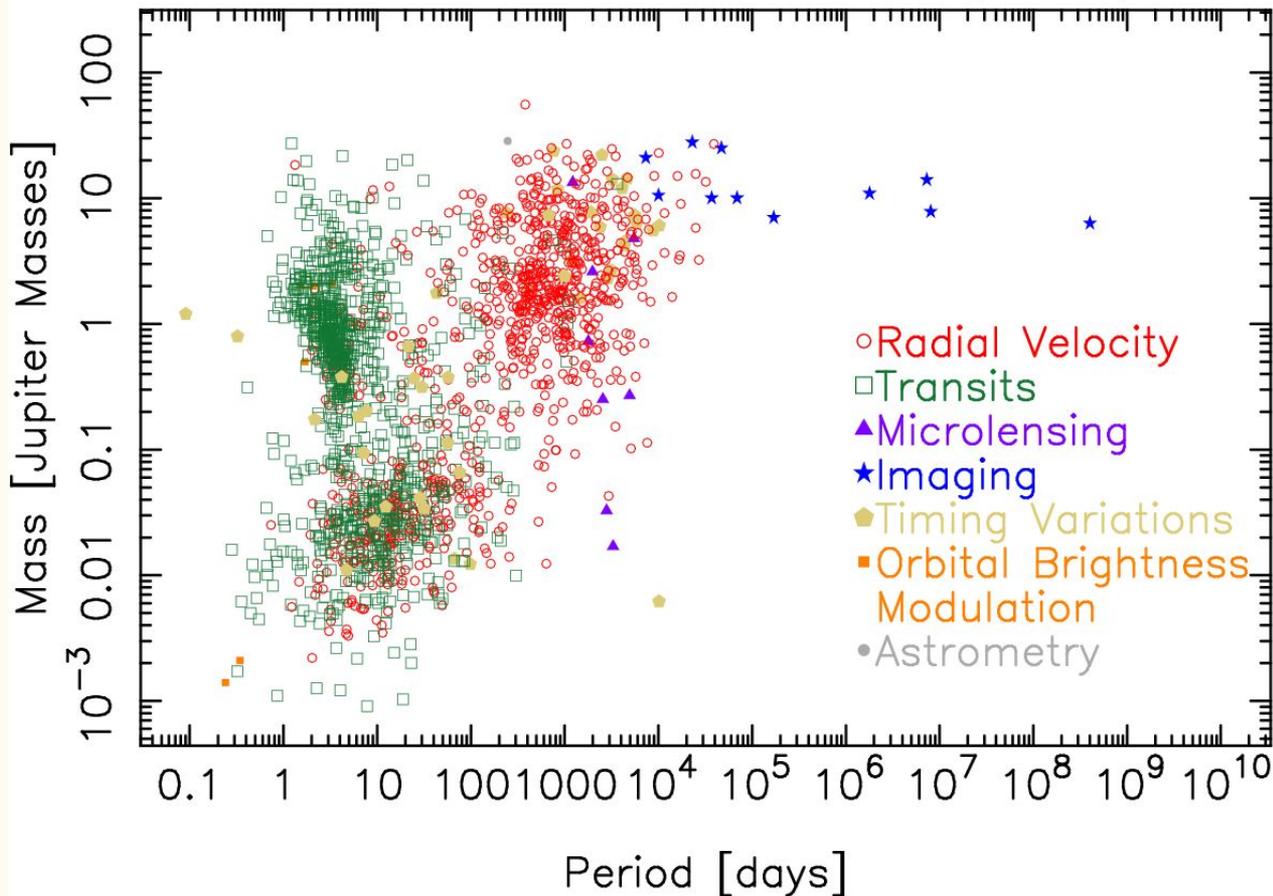
Esse desvio pode ser provocado pela interação do campo gravitacional de um planeta, levando os investigadores a observar melhor a área, obtendo mais informações.



# Mass – Period Distribution

01 Sep 2022

exoplanetarchive.ipac.caltech.edu



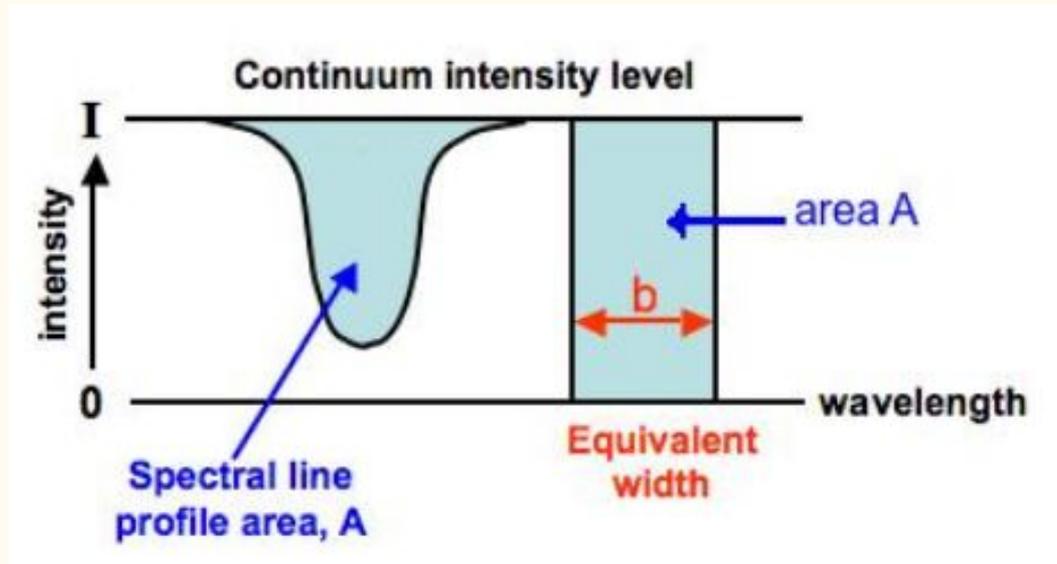
# Analisar o espectro estelar - Estrela HD 209458

$$T_{\text{eff}} = 5857.7 \pm 23.5 \text{ K}$$

$$[\text{Fe}/\text{H}] = -0.1 \pm 0.2$$

✓ ARES

✓ tmcalc



# Analisar os dados obtidos pelo método das Velocidades Radiais

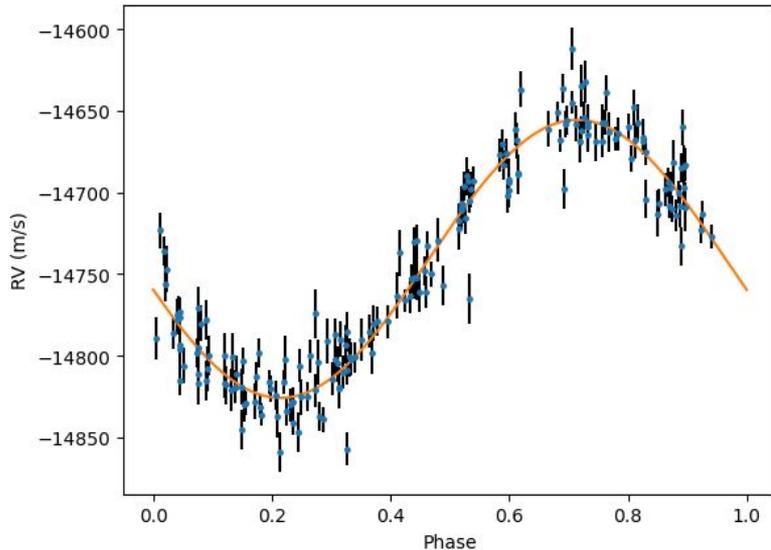
$$RV(t) = K \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{P}(t - T_c)\right) + \gamma$$

semi-amplitude

tempo do primeiro máximo

período da órbita (dias)

velocidade radial média



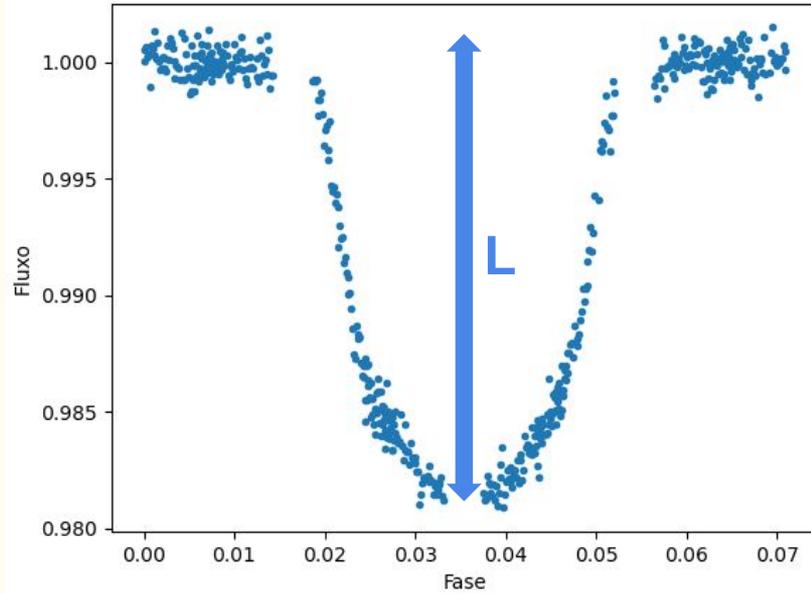
$$K = 85.07 \text{ m/s}$$

$$T_c = 1409.94 \text{ dias}$$

$$P = 3.5246 \text{ dias}$$

$$\gamma = -14740,67 \text{ m/s}$$

# Analisar os dados obtidos pelo método dos Trânsitos



$$L \propto (R_p/R_*)^2$$

$$R_p / R_* = 0,09268$$

$$R_*/a = 0,08881$$

$$i = 89,9124^\circ$$

# Resultados - Estrela

Rácio da distância entre o planeta e a estrela e raio da estrela (trânsitos)

$$\rho_* = \frac{3\pi}{GP^2} \left( \frac{a}{R_*} \right)^3$$

Densidade da estrela

Período de órbita do planeta  
(velocidades radiais)

# Resultados - Estrela

$$\log g = \log(R_* \rho_*) + \log g_\odot$$

Densidade da estrela

Constante

Gravidade à superfície da estrela

Raio da estrela

$$\log R_* = (b1 + b2) \cdot X + (b3) \cdot X^2 + (b4) \cdot X^3 + (b5) \cdot (\log g)^2 + (b6) \cdot (\log g)^3 + (b7) \cdot [Fe/H]$$

Raio da estrela

$$X = \log T_{eff} - 4.1$$

Temperatura efetiva da estrela

Metalicidade da estrela em relação ao Sol

# Resultados - Estrela

$$\log g = \log \left( \frac{M_*}{R_*^2} \right) + \log g_{\odot}$$

Diagram illustrating the equation for the logarithm of surface gravity ( $\log g$ ) of a star, showing its dependence on stellar mass ( $M_*$ ) and radius ( $R_*$ ), and a constant term ( $\log g_{\odot}$ ).

Labels and arrows:

- $\log g$ : Gravidade da estrela (Gravity of the star)
- $M_*$ : Massa da estrela (Stellar mass)
- $R_*^2$ : Raio da estrela (Stellar radius)
- $\log g_{\odot}$ : Constante (Constant)

# Resultados - Estrela

Raio (RS)	Massa (MS)	logg (dex)	Temperatura (K)	Metalicidade
1.203	1.15	4.5	5857,7 ( $\pm 23.5$ )	-0.1 ( $\pm 0.2$ )
$1.158 \pm 0.038$	$1.148 \pm 0.022$	$4.50 \pm 0.04$	$6092.0 \pm 103.0$	$0.02 \pm 0.05$

# Resultados - Planeta

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

Diagram illustrating the equation for the planet's mass ( $M_p$ ) derived from radial velocity measurements. The variables are labeled as follows:

- $K$ : Semi-amplitude (RV)
- $P$ : Período de órbita do planeta (RV)
- $M_*$ : Massa da estrelra
- $G$ : Constante gravitacional
- $i$ : Inclinação do sistema (trânsitos)

$$T_p = T_{eff} \sqrt{\frac{R_*}{2a} \sqrt{1 - A}}$$

Diagram illustrating the equation for the planet's temperature ( $T_p$ ). The variables are labeled as follows:

- $T_p$ : Temperatura do planeta
- $T_{eff}$ : Temperatura efetiva da estrelra
- $\frac{R_*}{2a}$ : Rácio da distância entre o planeta e a estrelra e raio da estrelra (trânsitos)
- $A$ : Albedo

# Resultados - Planeta

- $M = 0.69 M_J$
- $R = 1.41 R_J$
- $D = 0.27 D_J$
  
- $a = 0.06 \text{ UA}$
- $T = 1202 \text{ K}$



Hot Jupiter!

# Conclusão

- ★ Planetas rochosos: mais pequenos e mais densos, constituídos por silicatos.
- ★ Planetas gasosos: maiores e menos densos, constituídos por gases (H, He).
- ★ Estrela HD 209458: parecida com o sol.

Raio	Massa
1.203 RS	1.15 MS

- ★ Planeta HD 209458b:

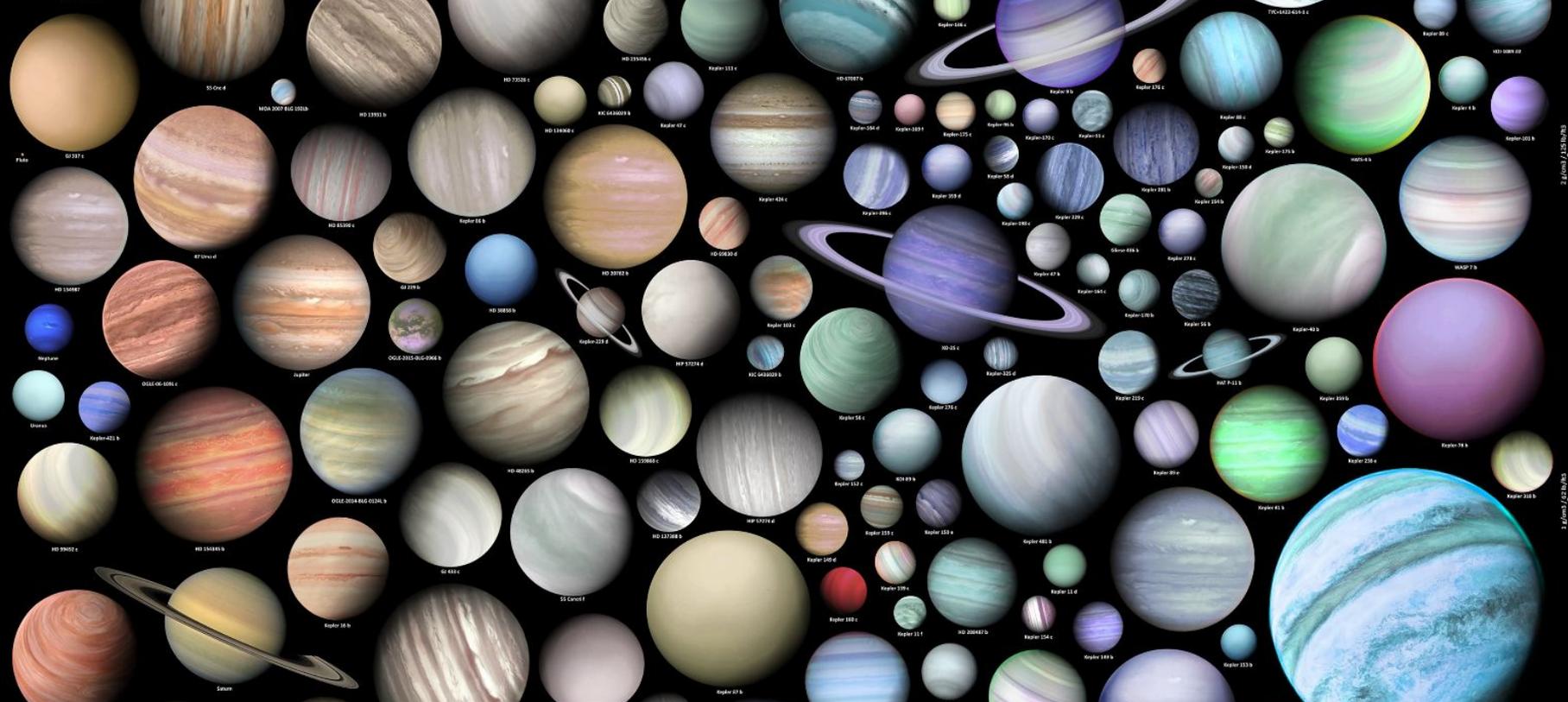
Raio	Massa	Distância à estrela (a)	Temperatura
1,41 RJ	0,69 MJ	0,06 UA	1202 K



Representação artística de HD 209458b



“Hot Jupiter”  
Jupiter Quente



# Obrigado!