

Capítulo 7

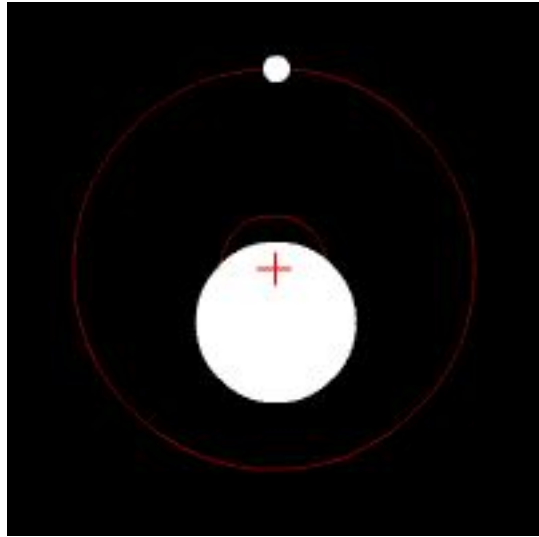
Sistemas Binários e Parâmetros estelares

7.1 Classificação de Sistemas Binários

7.2 Determinação de massa em binárias visuais

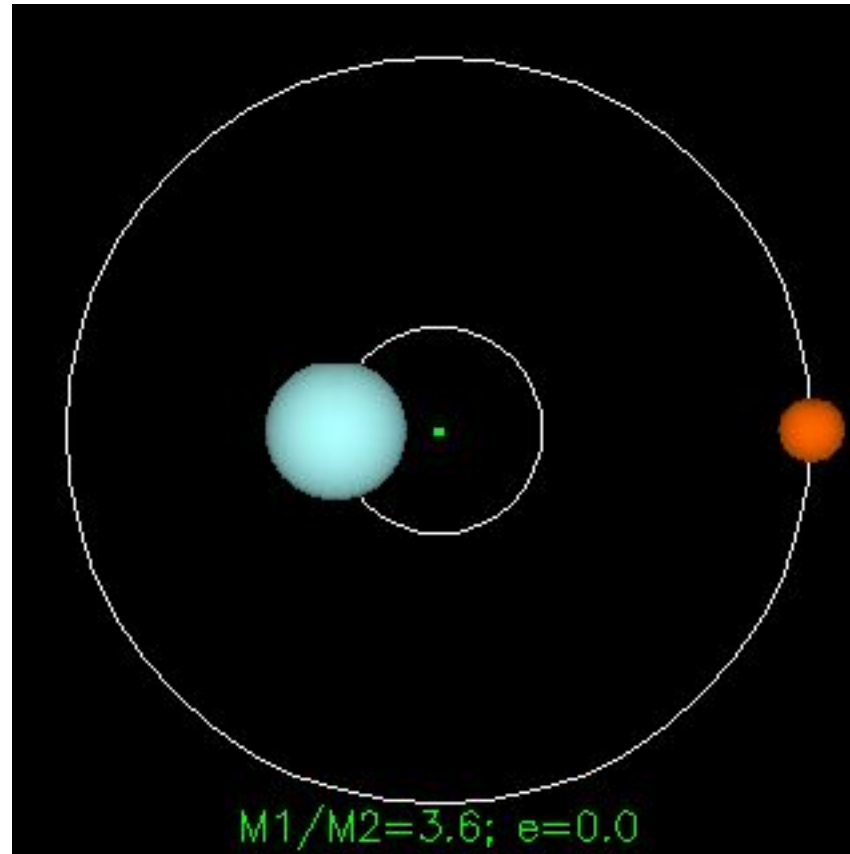
7.3 Binárias espectroscópicas eclipsantes

7.4 A busca por planetas extra-solares

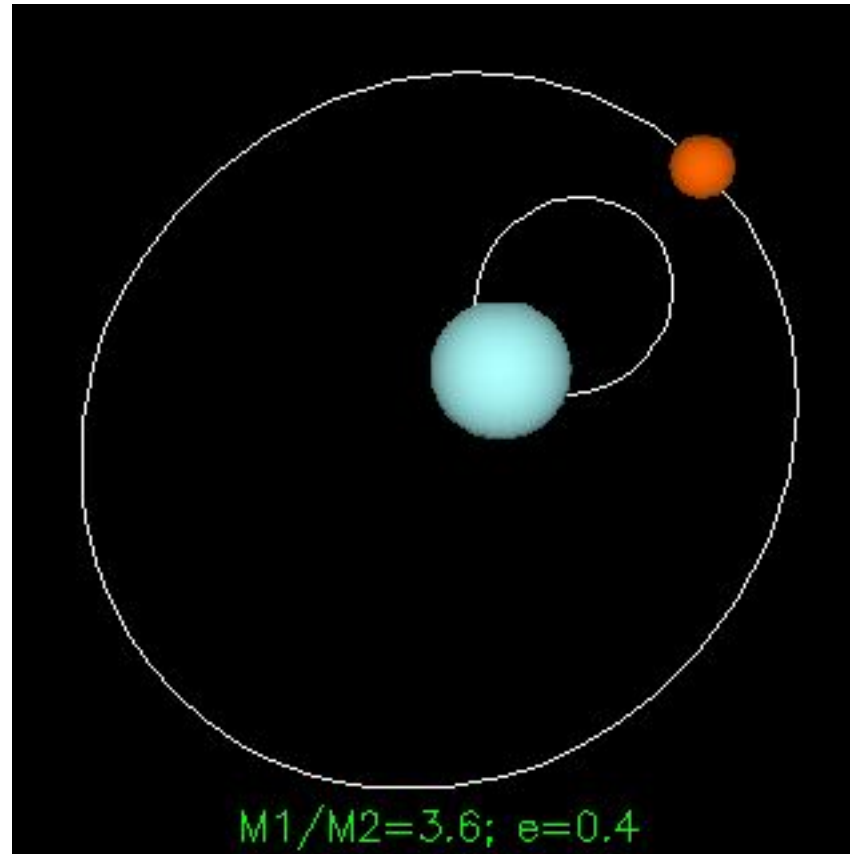


Estrelas binárias

$$m_1/m_2 = 3,6 \quad e=0$$



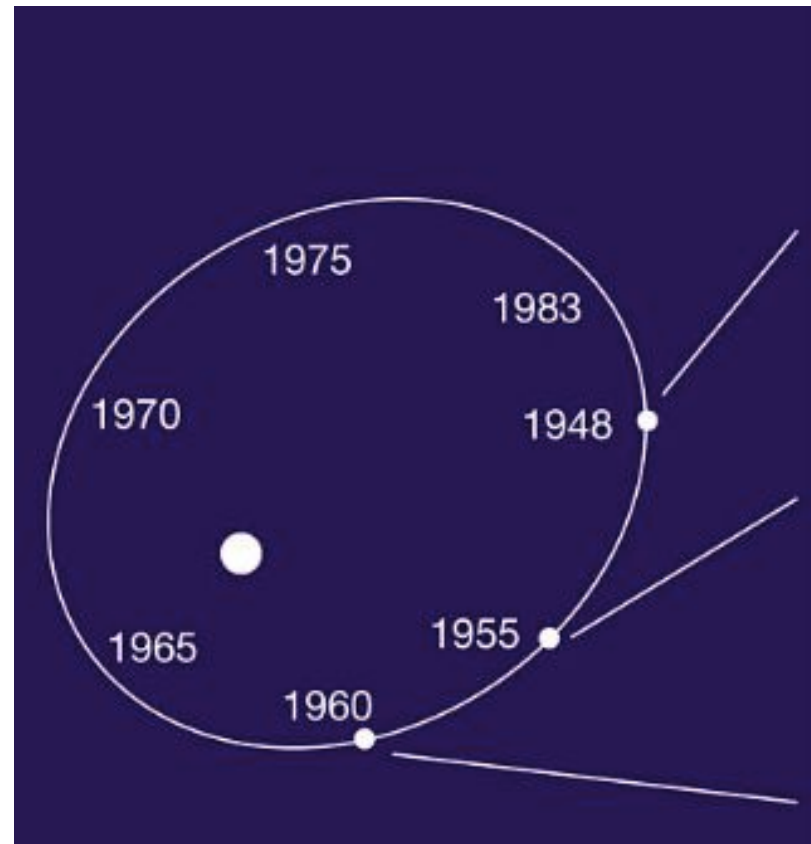
Binárias: $m_1/m_2 = 3,6$ $e=0,4$



7.1 Classificação dos Sistemas Binários

- **Binárias aparentes** (*dupla óptica*) → não formam um sistema ligado → efeito de projeção.
- **Binária visual** → estudo de seu movimento → as estrelas estão fisicamente associadas.

Exemplo de binária visual.
O período e as estrelas binárias podem ser observados diretamente.

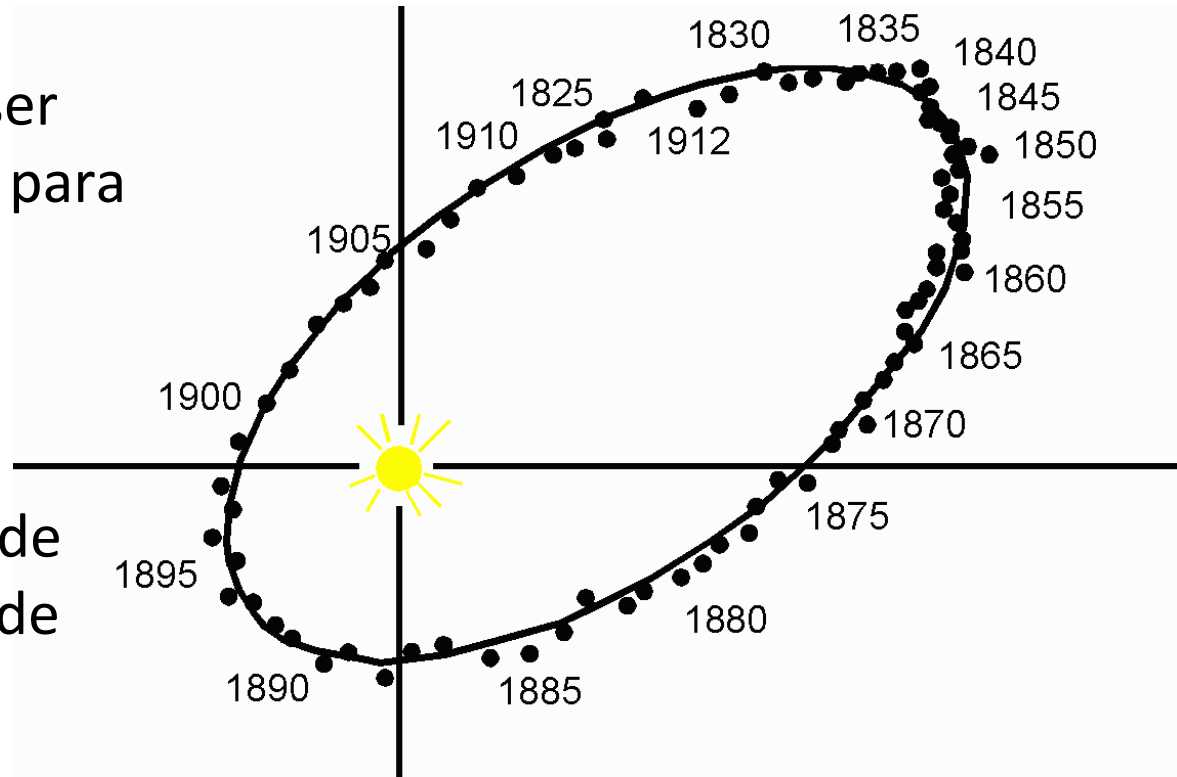


Binárias Visuais

A separação angular no movimento orbital deve ser grande o suficiente ($> 1''$) para resolver a duplicidade

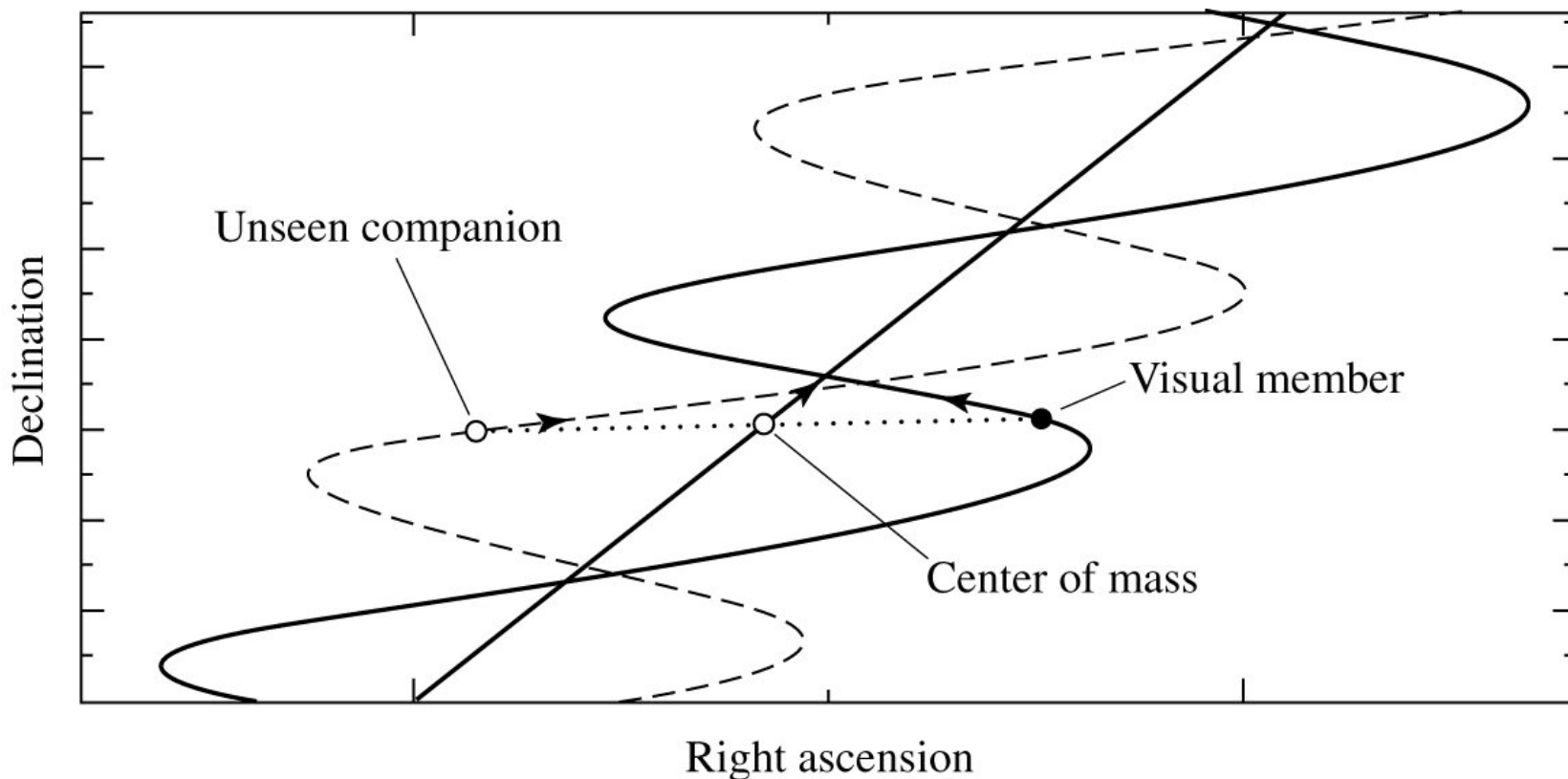


períodos orbitais longos (de alguns anos até milhares de anos).



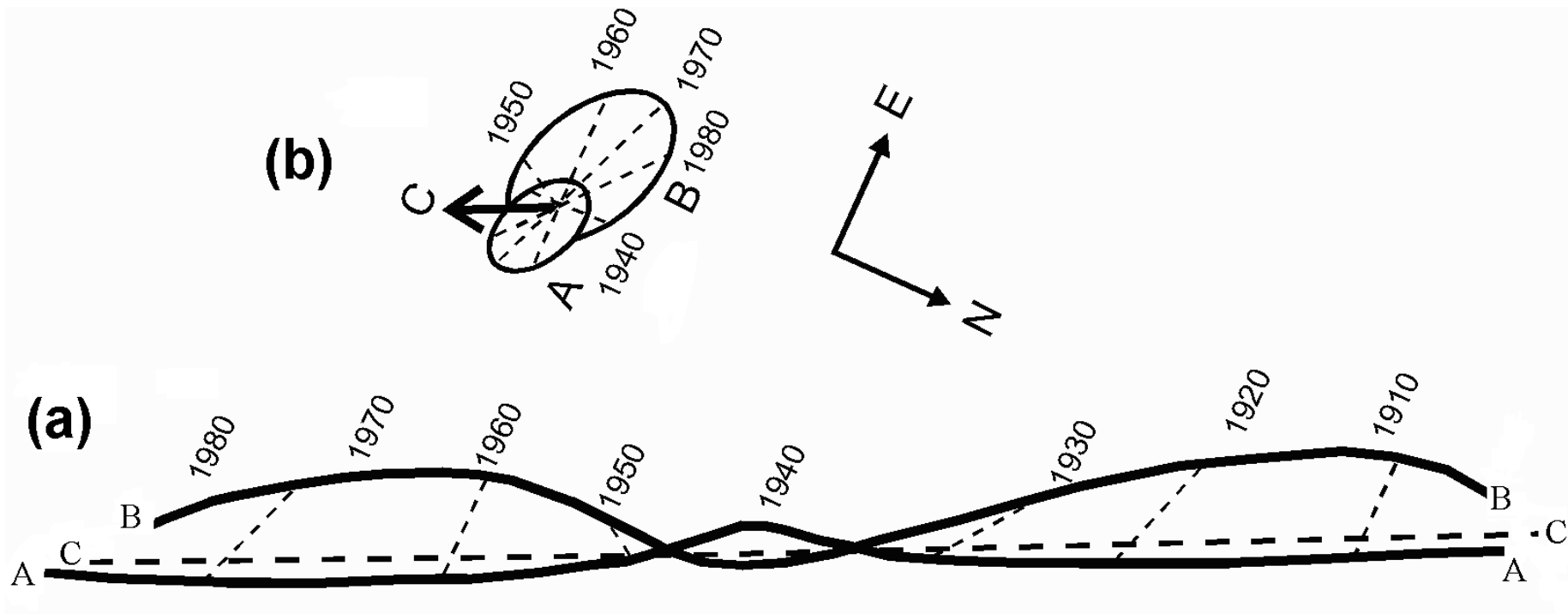
Sistema binário 70 Ophiuchi. À medida que o tempo passa, a posição relativa entre as estrelas é marcada como um ponto, traçando uma órbita aparente, com período de 88 anos

- **Binária astrométrica** → apenas uma estrela observada c/ telescópio, mas nota-se um movimento oscilatório



- **Sirius A:** exemplo de binária astrométrica → componente B descoberta antes de ser observada → presença deduzida pela alteração causada no movimento próprio de Sirius A

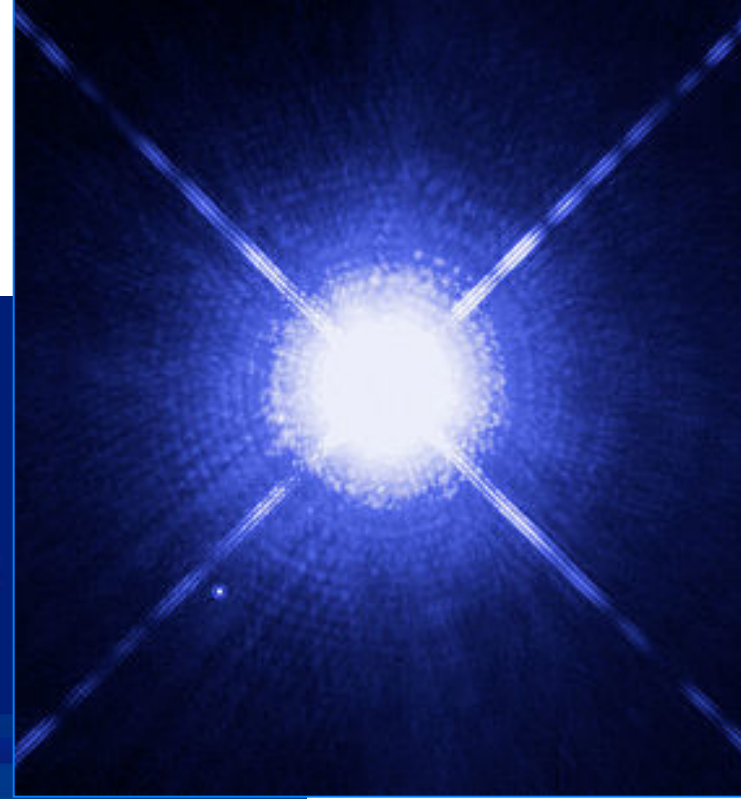
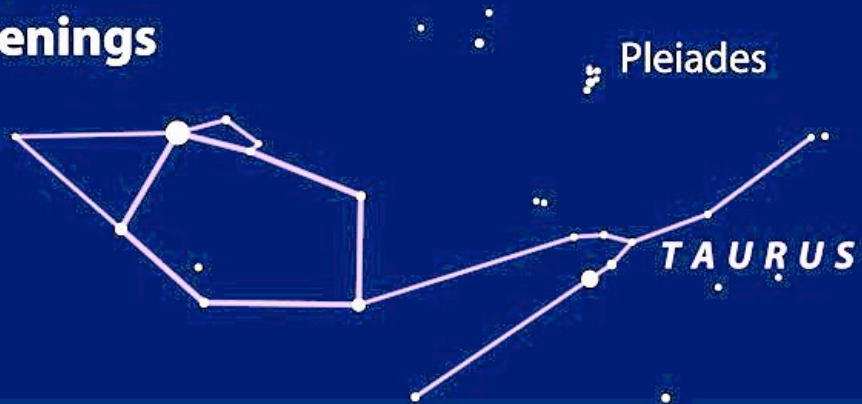
Binárias Astrométricas



(a) Movimentos aparentes de Sirius A e B, e do centro de massa C, com relação às estrelas de fundo. (b) Movimentos orbitais de Sirius A e B com relação ao centro de massa.

January evenings

about 7 p.m.



East

Southeast

- **Binárias eclipsantes** → variação do brilho aparente das componentes → eclipse que uma causa na outra.

Como pode ser visto no exemplo da binária YY Sag, a curva de luz desse sistema é regular

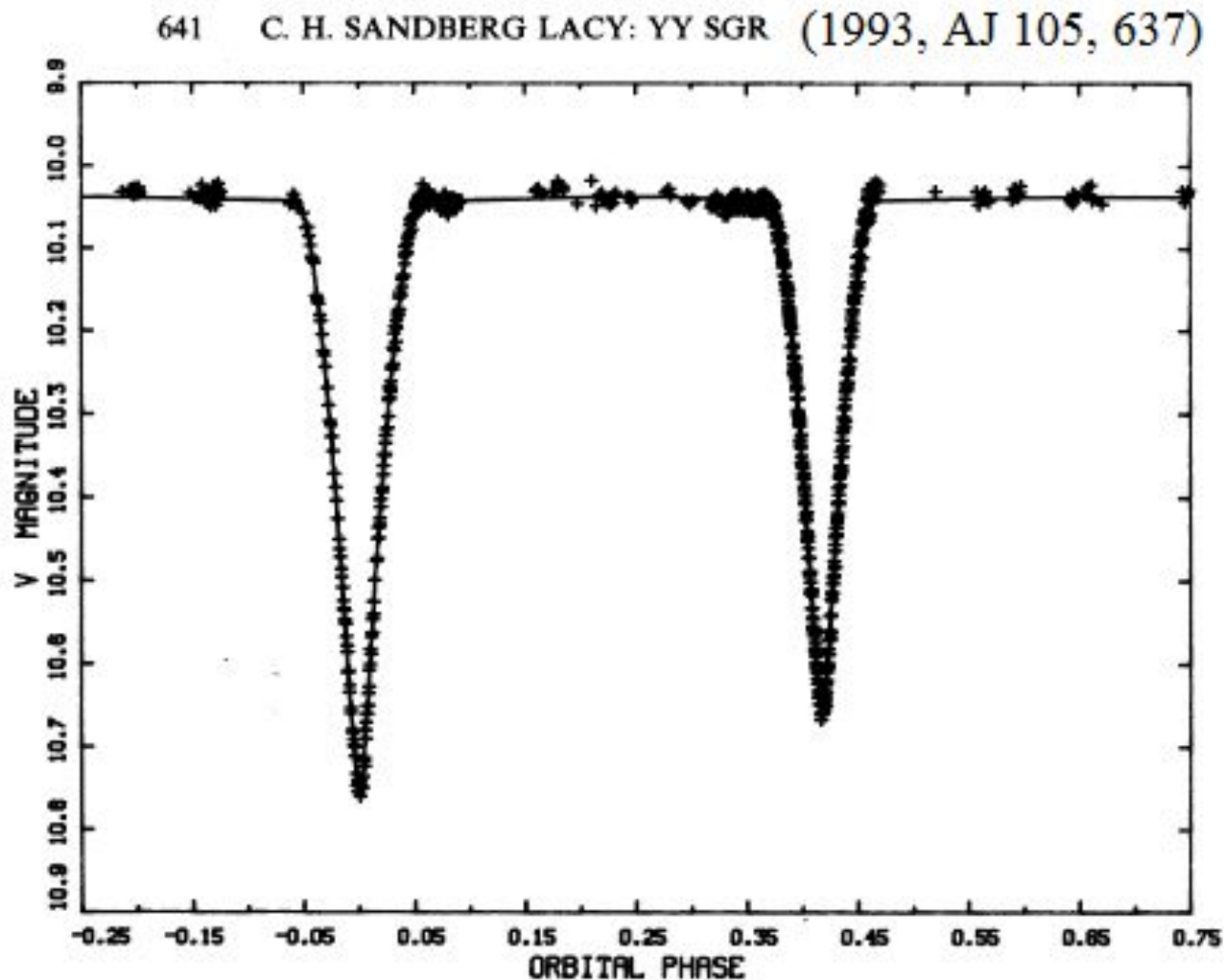
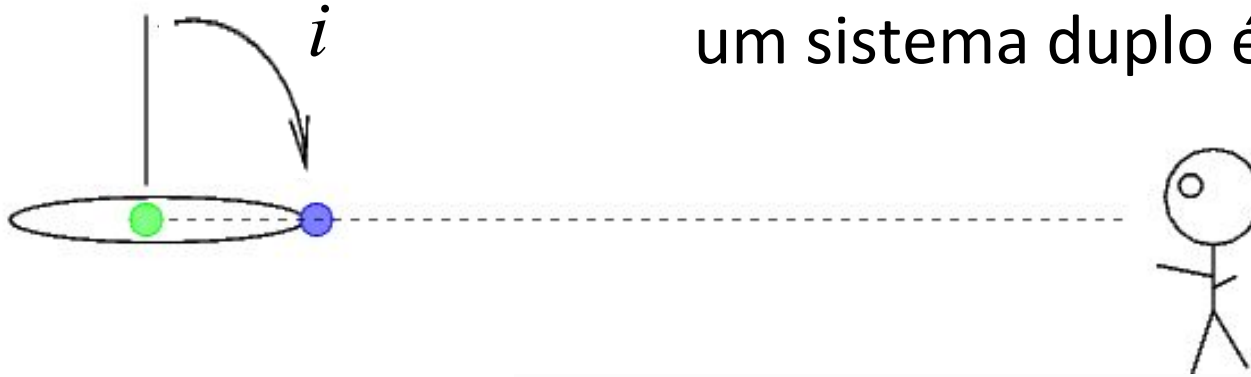


FIG. 1. *V* light curve for YY Sgr. The solid curve is the solution of Table 6.

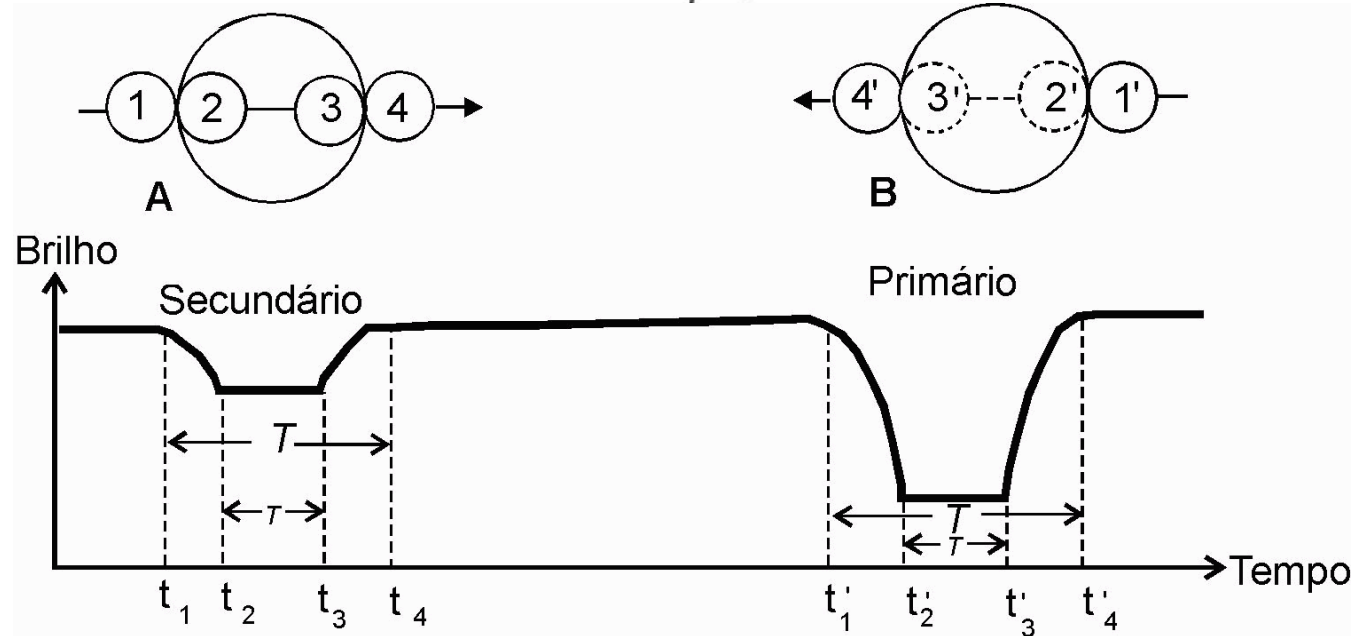
Binárias Eclipsantes

inclination angle



Se o ângulo de inclinação da órbita de um sistema duplo é de 90° , as estrelas podem se eclipsar.

A curva de luz mostra a **variação temporal do brilho** (fluxo ou magnitude) da binária



Os quatro pontos de contato são numerados e definem a duração do eclipse

Binárias Eclipsantes

Dois tipos de mínimos:

We see light from both stars A and B.



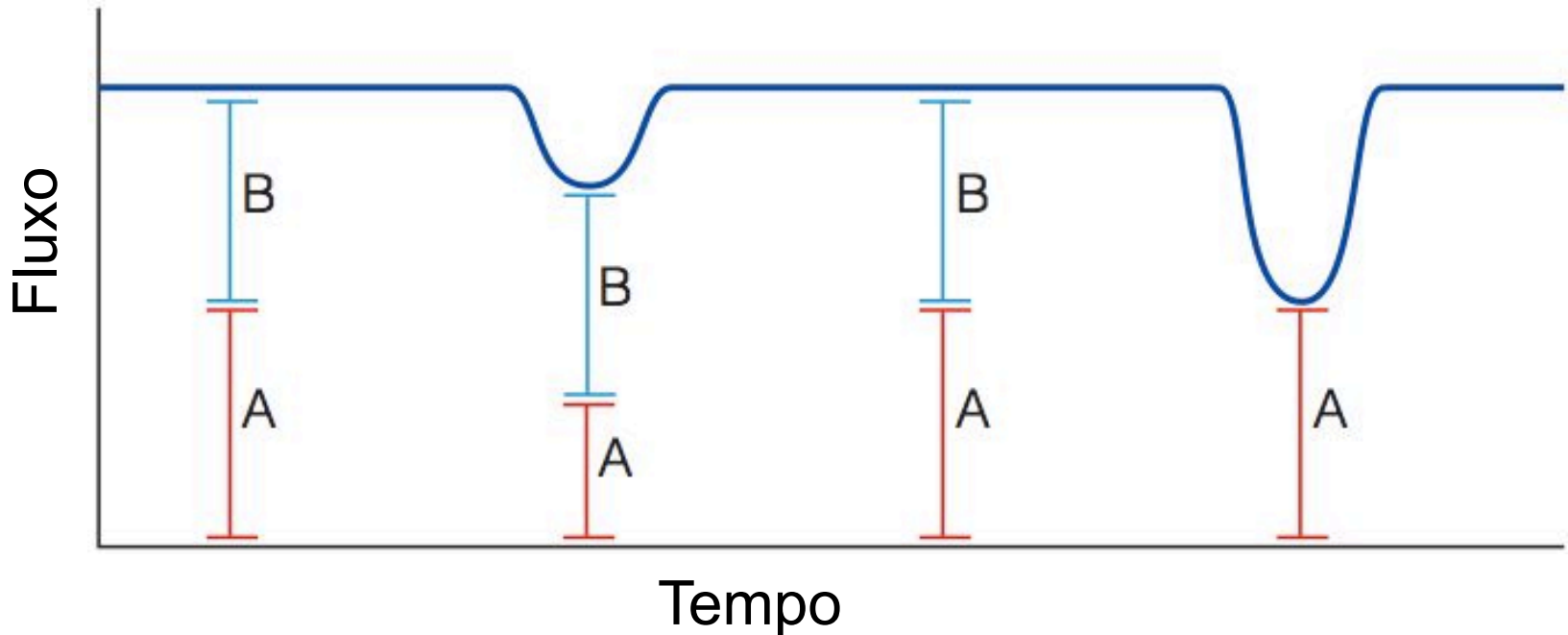
Estrela **quente** passa na frente da **fria** → **eclipse secundário**

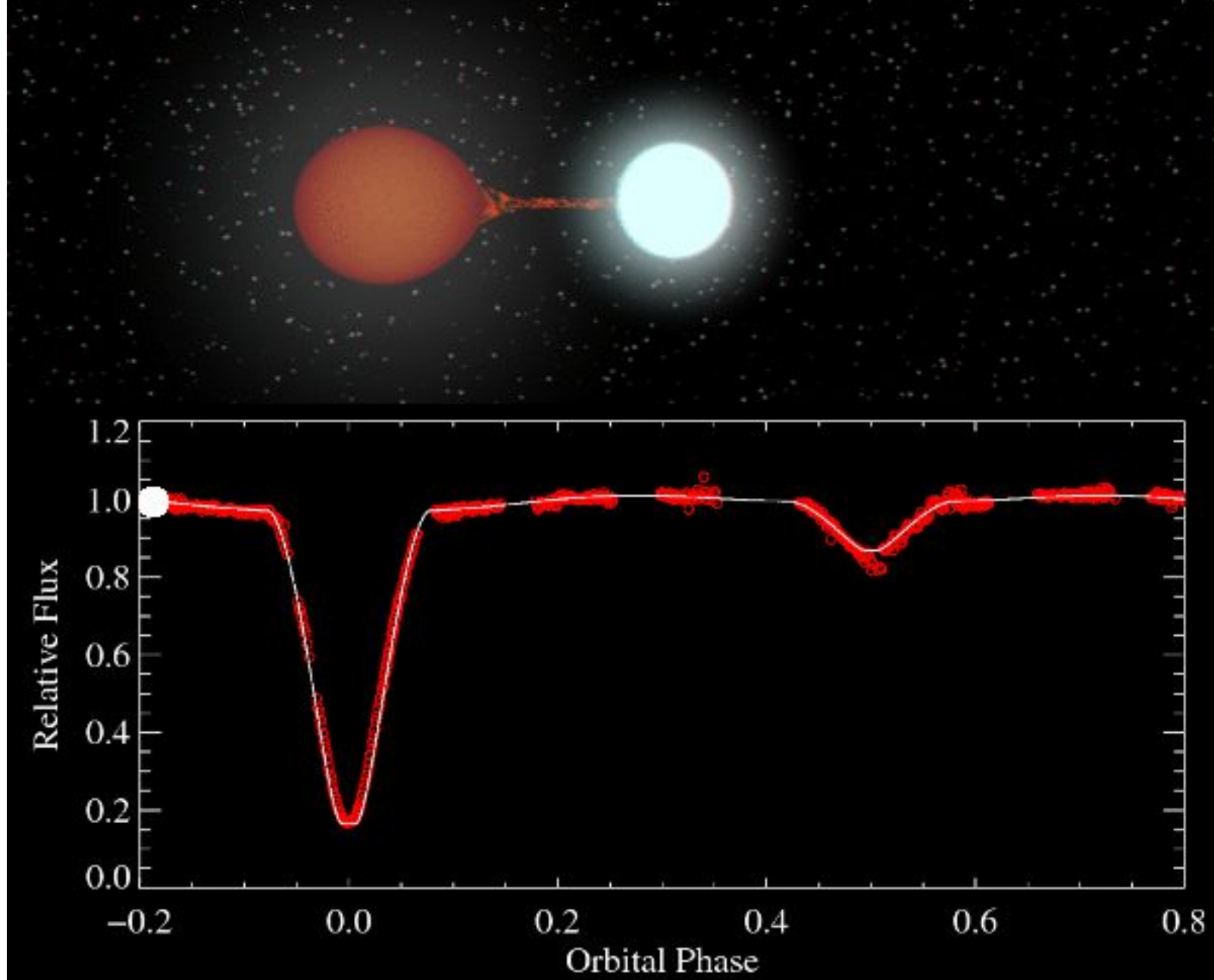


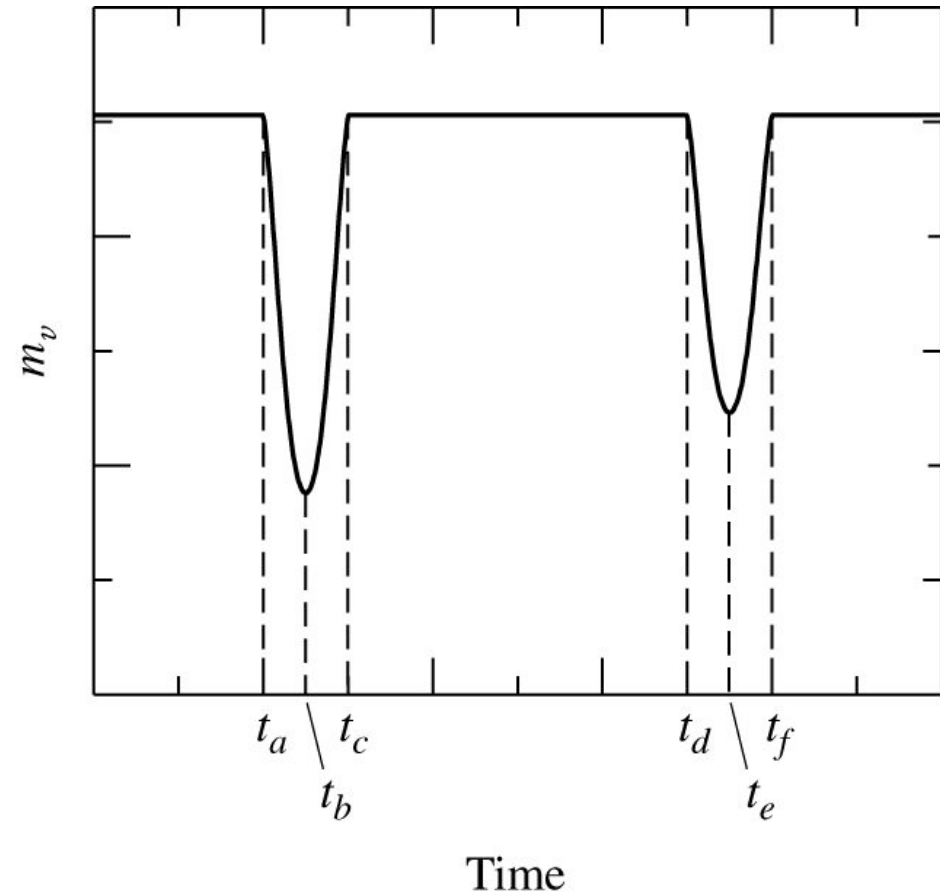
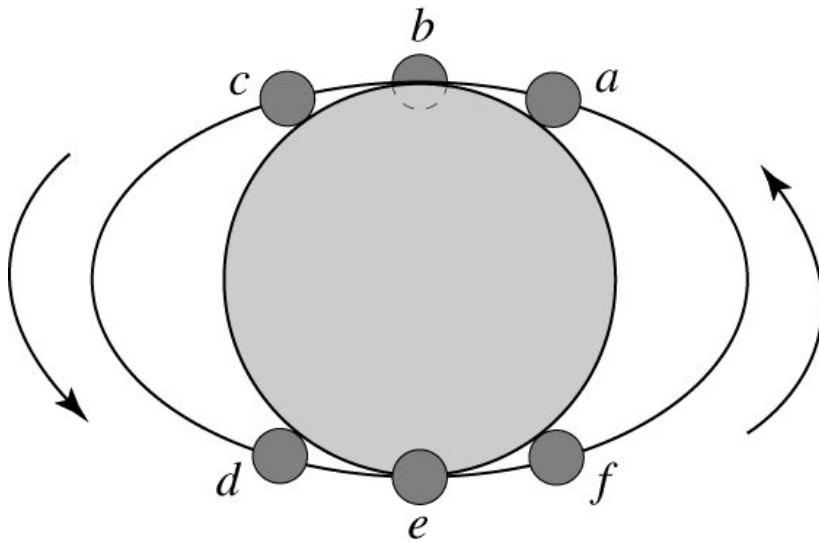
We see light from both A and B.



Estrela mais **fria** passa na frente da mais **quente** → **eclipse primário**





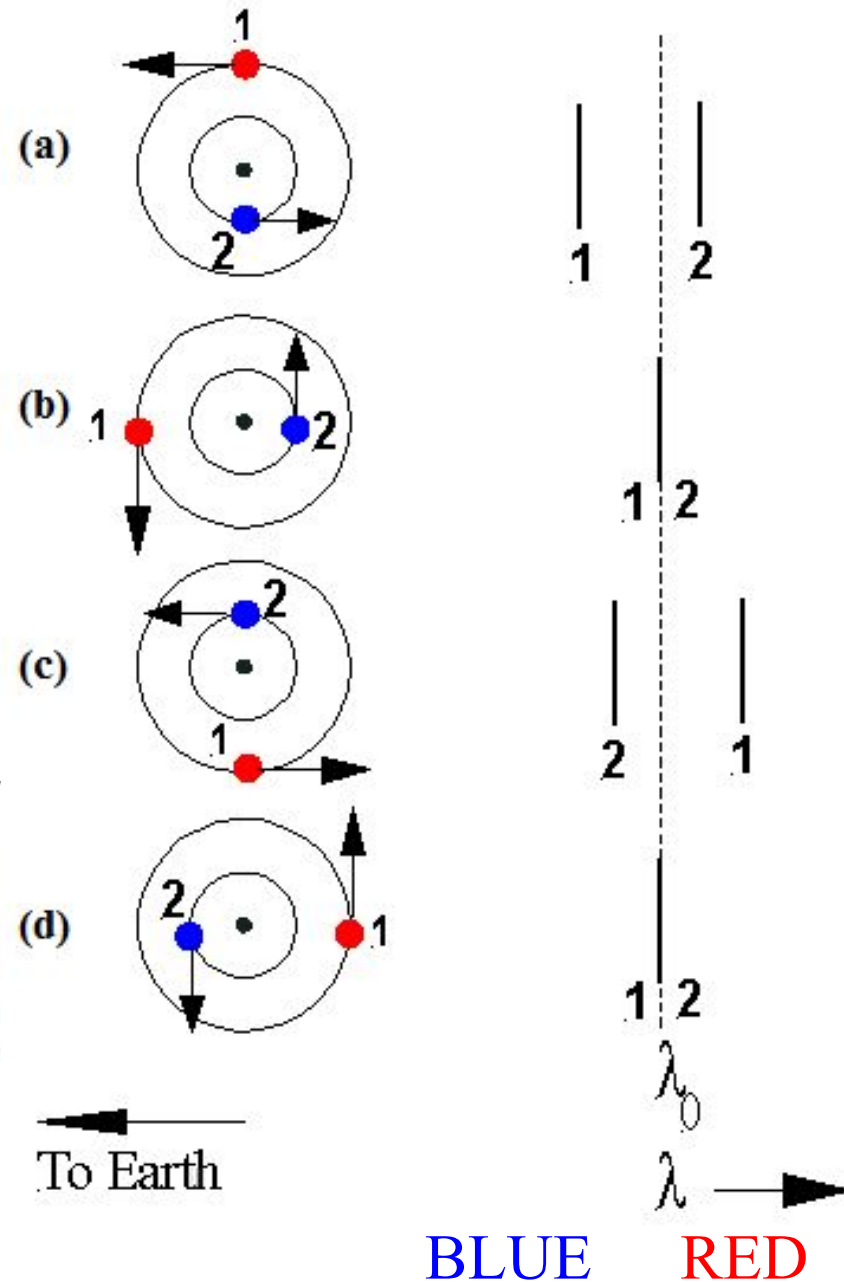
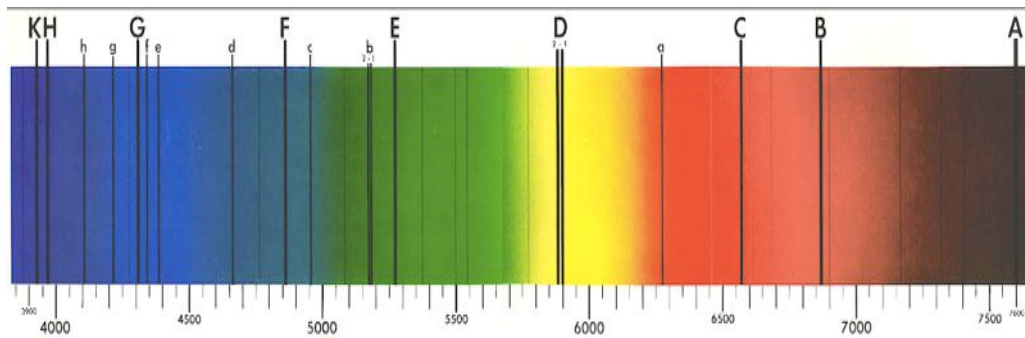


Eclipses parciais para uma órbita circular inclinada.
 Neste caso a estrela menor é a mais quente.

Binárias espectroscópicas

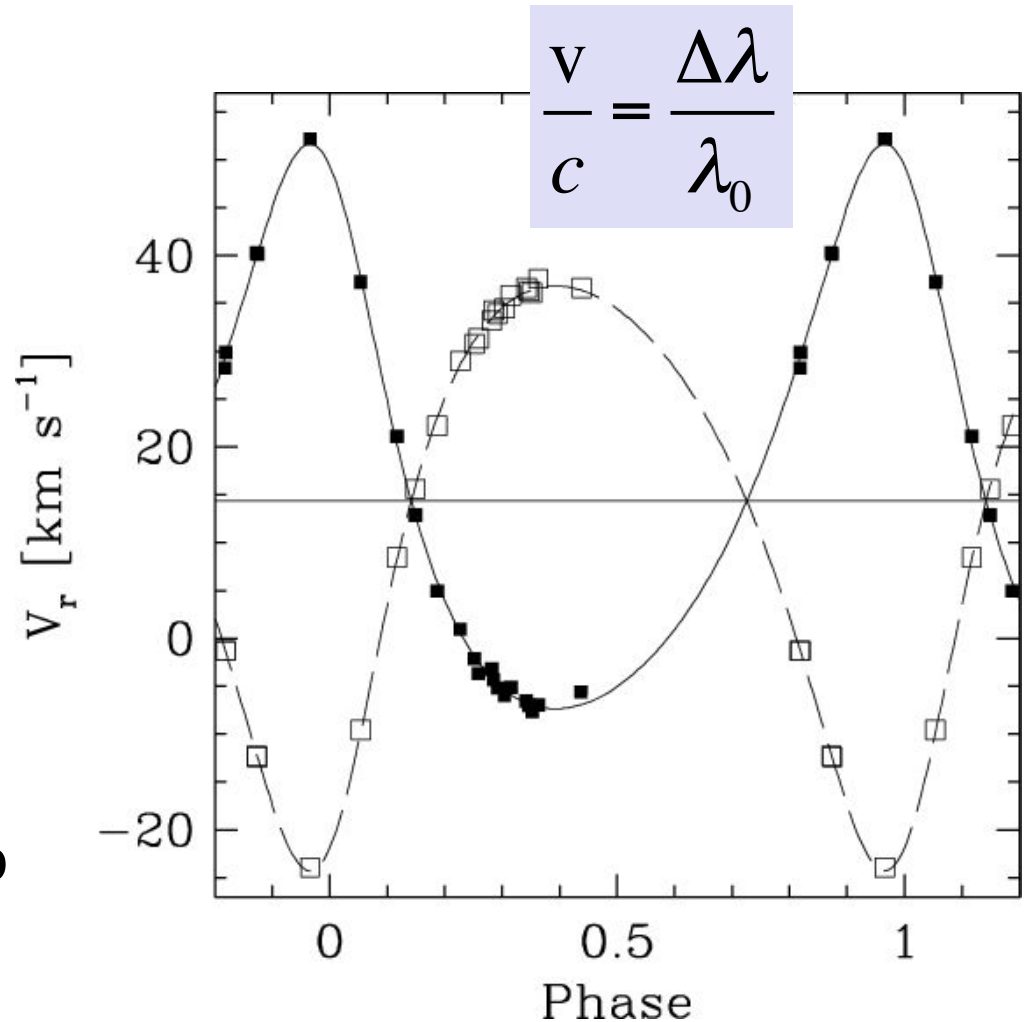
→ Estrelas próximas e períodos orbitais pequenos (dias a ~ anos)

→ Oscilação das linhas espectrais.



Binárias Espectroscópicas

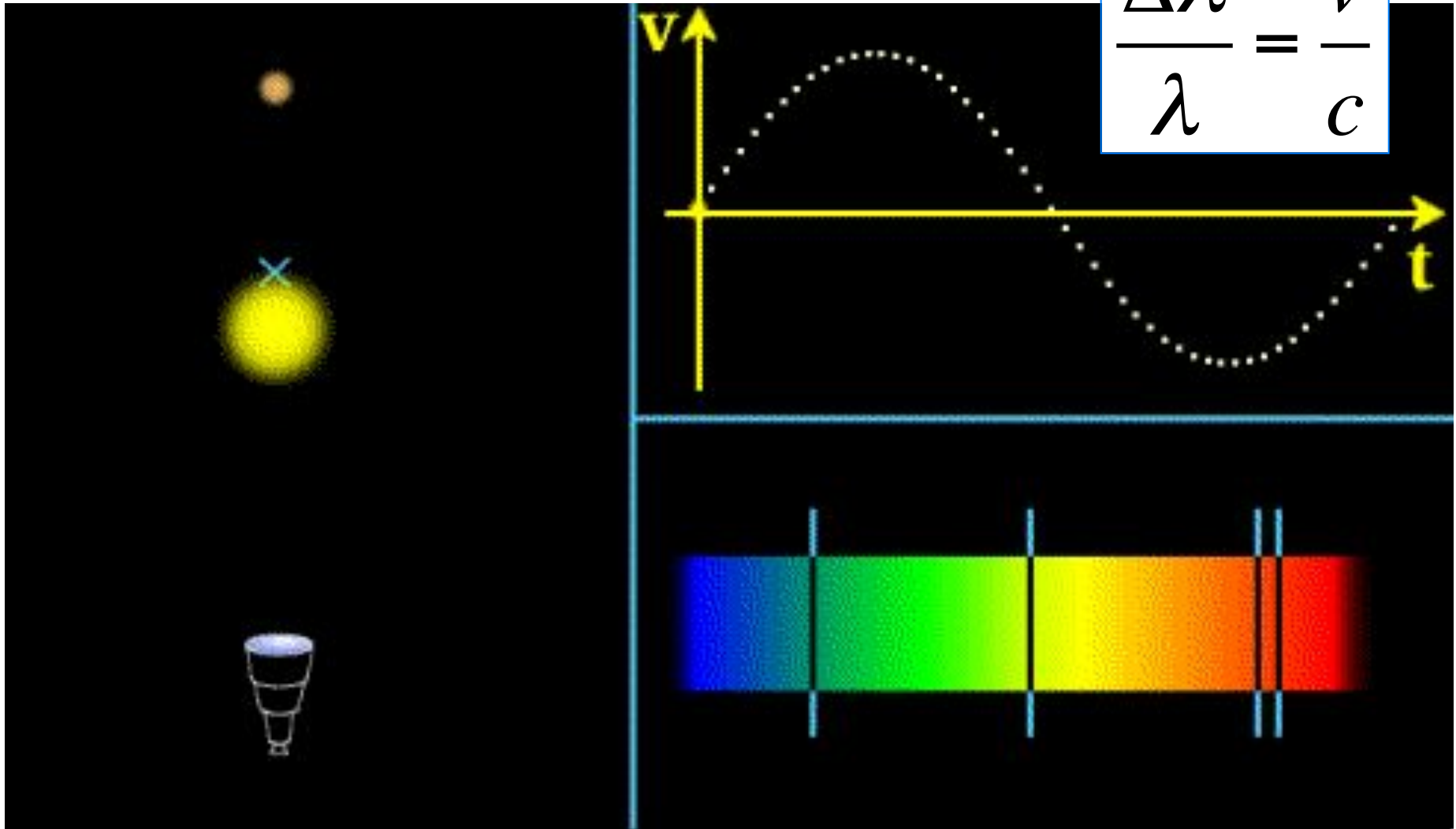
- Deslocamento Doppler indica movimento radial da estrela.
- No espectro da binária espectroscópica os 2 conjuntos de linhas variam periodicamente.
- Linhas duplas aparecem se ambas estrelas têm luminosidades semelhantes.
- Se a companheira é muito fraca, são detectadas só as linhas da primária, oscilando em comprimento de onda.



Platais et al. 2007 A&A 461, 509

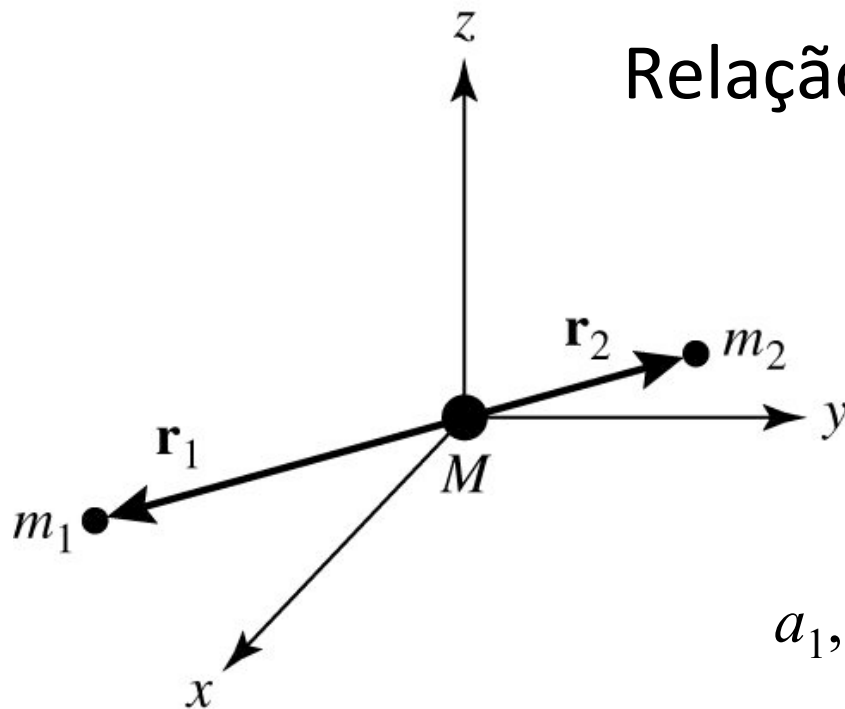
Deslocamento Doppler nas binárias espectroscópicas.
É mostrado um sistema em que apenas o espectro da
componente mais brilhante é detectado

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



7.2 Determinação de Massas Estelares

- Observando um sistema binário → medida da separação angular entre a estrela **primária** (a mais brilhante) e a **secundária** (menos brilhante).
- Sistema ligado gravitacionalmente → dois corpos girando em torno de seu centro de massa

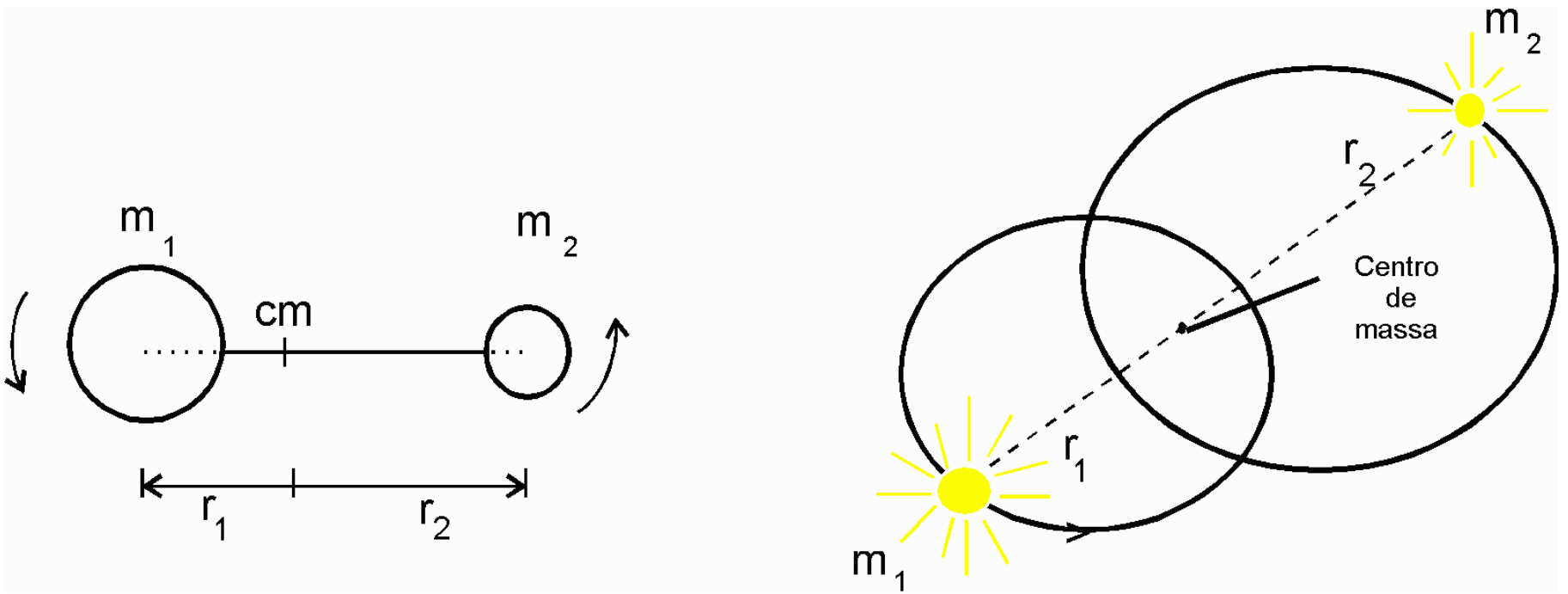


Relação das massas: $m_1 r_1 = m_2 r_2$

Separação: $a = r_1 + r_2$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{a_2}{a_1}$$

a_1, a_2 : eixo semi-major das elipses



No sistema binário cada estrela move-se numa órbita elíptica em torno do centro de massa. Separação: $a = r_1 + r_2 = a_1 + a_2$

$$P^2 = \left[\frac{4\pi^2}{G(m_1 + m_2)} \right] a^3$$

Exercício

Uma binária visual é observada com uma separação angular máxima $\theta = 3''$ e uma paralaxe trigonométrica de $0.1''$. A órbita é completada em 30 anos e a posição da estrela primária coincide com o foco da órbita, sendo que a companheira é sempre vista a uma distância até o centro de massa cinco vezes maior que a distância da estrela primária até esse ponto ($a_2 = 5a_1$).

Encontrar a massa das estrelas.

$$\theta = 3'', p = 0.1'', P = 30 \text{ anos}, r_2 = 5 r_1$$

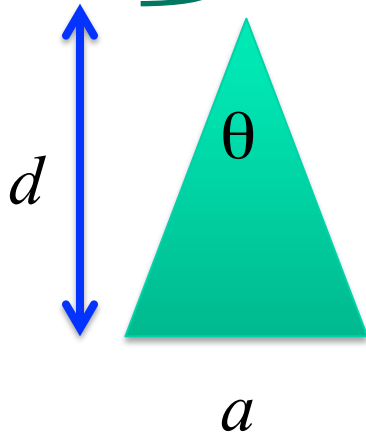
Se utilizarmos os parâmetros P , a e m respectivamente em unidades de anos, UA e M_{\odot} , podemos aplicar a terceira lei de Kepler na forma:

$$p(\text{rad}) = \frac{1UA}{d}$$

$$p'' = \frac{1}{d(\text{pc})}$$

$$1\text{pc} = 206265 \text{ UA}$$

$$1\text{rad} = 206265''$$



$$a(\text{UA}) = \theta(\text{rad}) * d(\text{UA})$$

$$a(\text{UA}) = \theta(\text{rad}) / p(\text{rad})$$

$$a(\text{UA}) = \frac{\theta''}{p''}$$

$$m_1 + m_2 = \frac{a^3}{P^2}$$

$$m_1 + m_2 = \left(\frac{3''}{0,1''} \right)^3 \frac{1}{(30)^2}$$

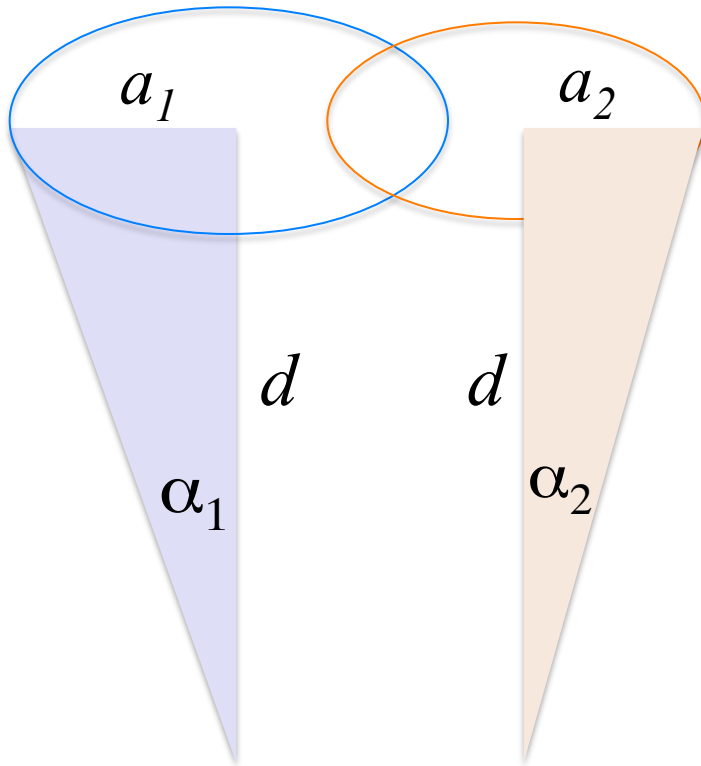
$$m_1 + m_2 = 30 M_{\odot}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1} = 5 \rightarrow m_1 = 5 m_2$$

$$6m_2 = 30 M_{\odot}$$

$$m_2 = 5M_{\odot} \quad m_1 = 25M_{\odot}$$

Sejam a_1 e a_2 os semi-eixos maiores das órbitas das estrelas da binária, e d a distância entre o sistema e o observador:

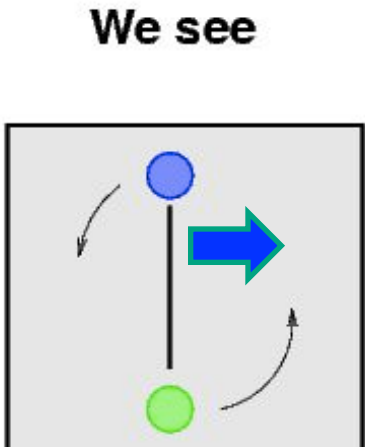


$$\alpha_1 = \frac{a_1}{d} \quad \text{e} \quad \alpha_2 = \frac{a_2}{d}$$

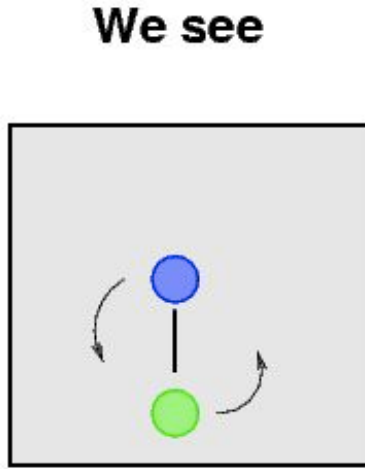
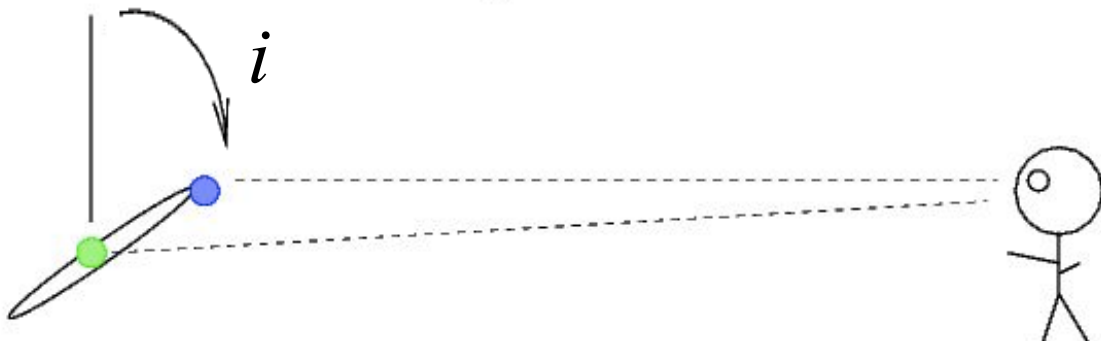
Como $\frac{m_1}{m_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{a_2}{a_1}$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1}$$

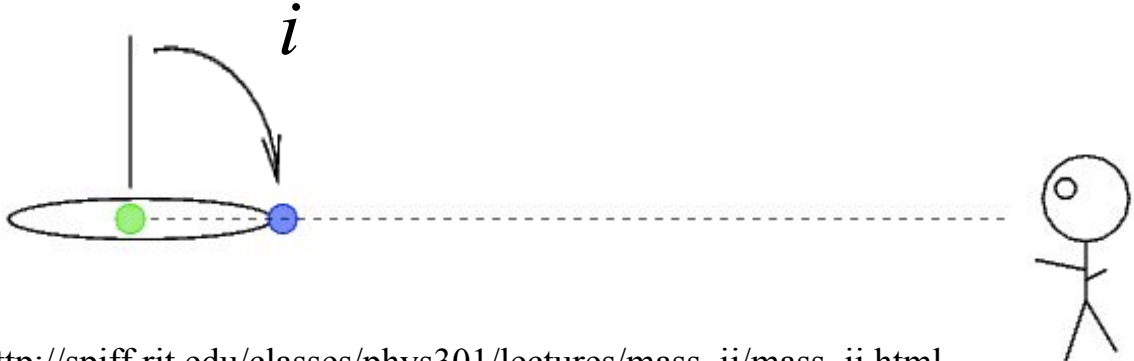
$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1}$$



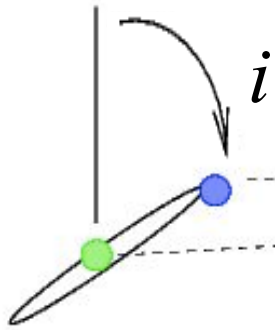
inclination angle



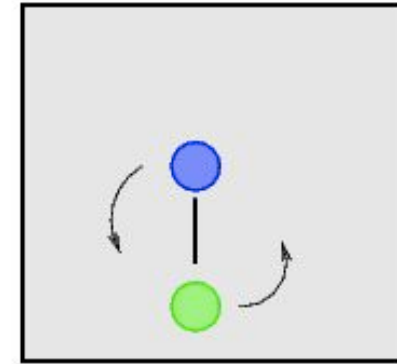
inclination angle



inclination angle



We see



Considere o **ângulo de inclinação (i)**

entre o plano de órbita e o plano do céu (perpendicular à linha de visada), o observador mede diretamente α_1 e α_2 , mas sua projeção:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{\alpha_2 \cos i}{\alpha_1 \cos i} = \frac{\tilde{\alpha}_2}{\tilde{\alpha}_1}, \text{ que resulta em:}$$

$$m_1 + m_2 = \frac{4\pi^2 (\alpha d)^3}{G P^2} = \frac{4\pi^2}{G} \left(\frac{d}{\cos i} \right)^3 \frac{\tilde{\alpha}^3}{P^2}$$

onde $\tilde{\alpha} = \tilde{\alpha}_1 + \tilde{\alpha}_2$

Podemos tentar determinar o ângulo de inclinação i estudando a projeção da órbita no céu

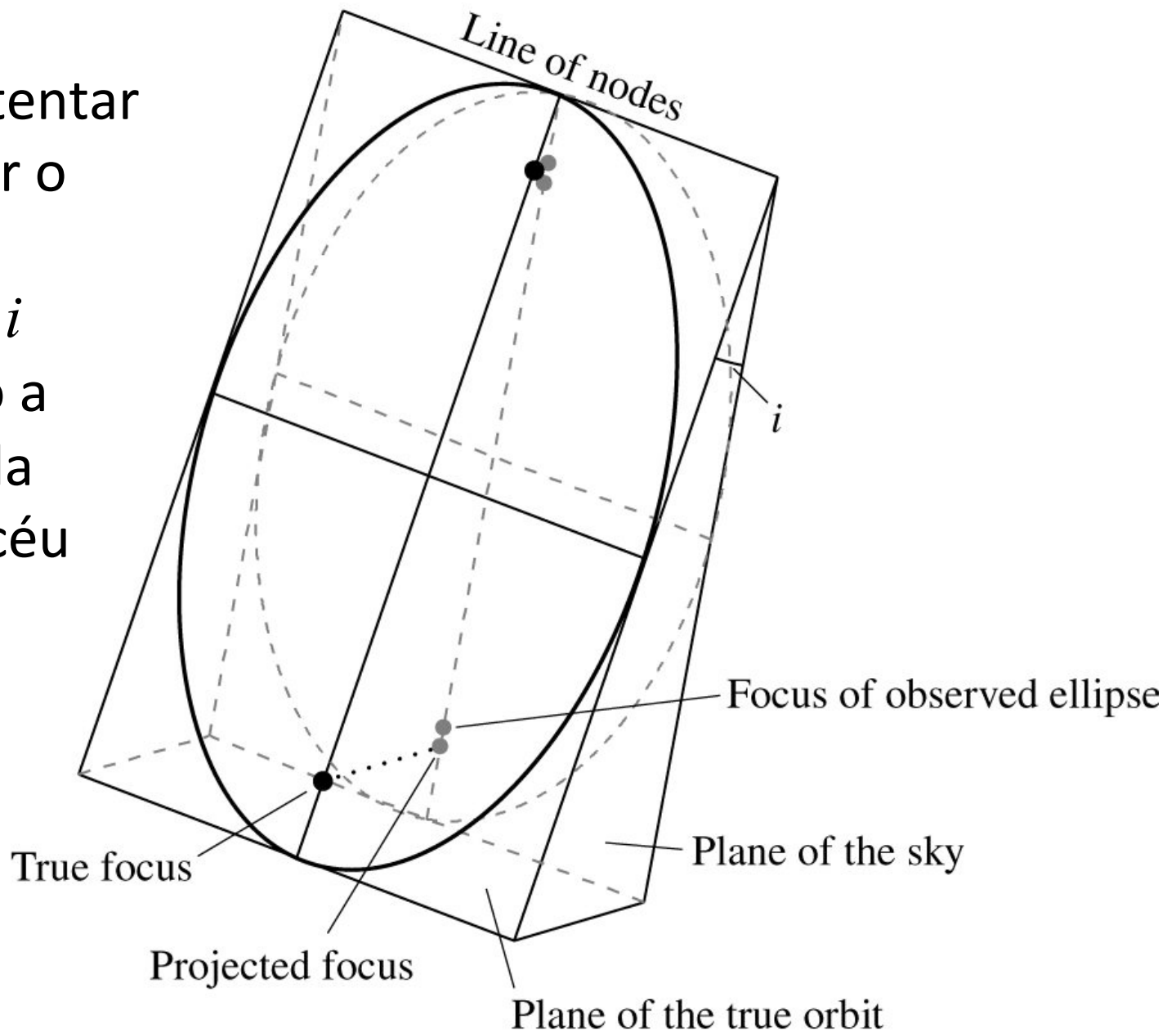
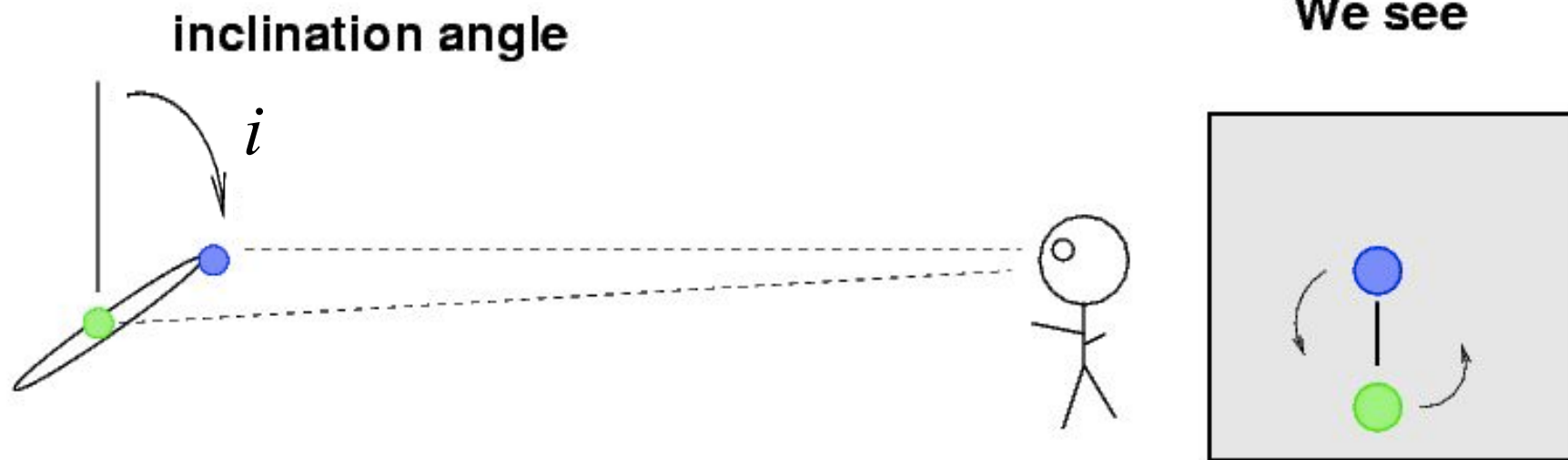


FIGURE 7.4 An elliptical orbit projected onto the plane of the sky produces an observable elliptical orbit. The foci of the original ellipse do not project onto the foci of the observed ellipse, however.

Ângulo de inclinação i afeta as velocidades radiais

velocidade máxima: v_{\max} (observada) = $v_{\max} \sin i$

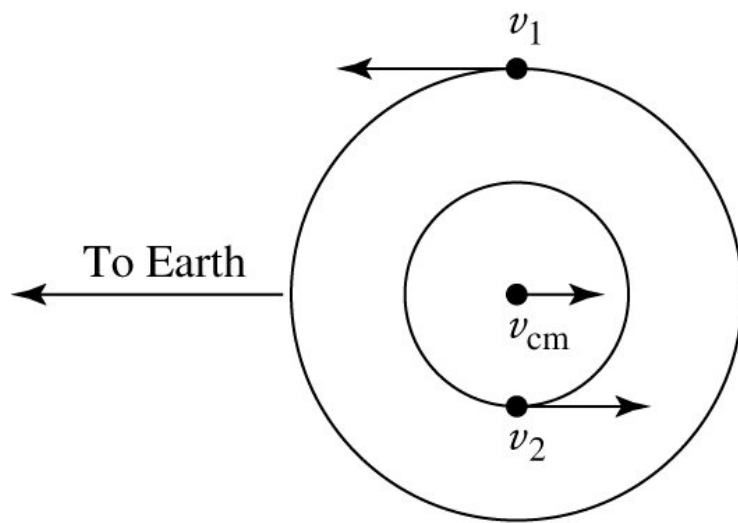


7.3 Binárias espectroscópicas eclipsantes

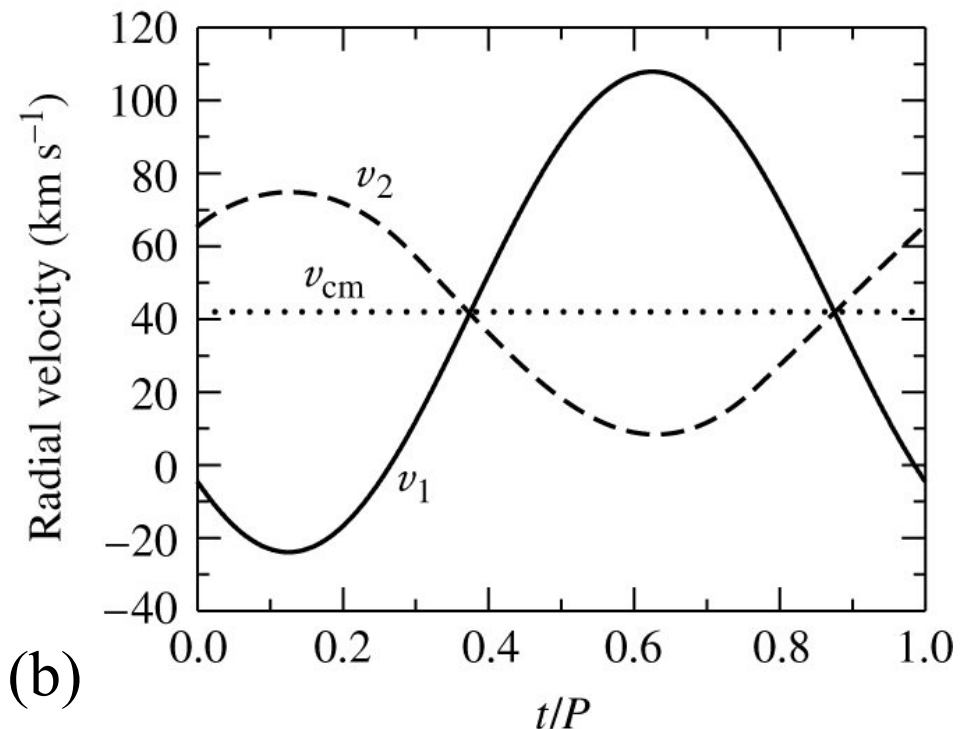
Efeito da Excentricidade na medida da velocidade radial

$e = 0$, inclination $i = 90^\circ$

$$v_{1r}^{\max} = v_1 \sin i \text{ and } v_{2r}^{\max} = v_2 \sin i$$



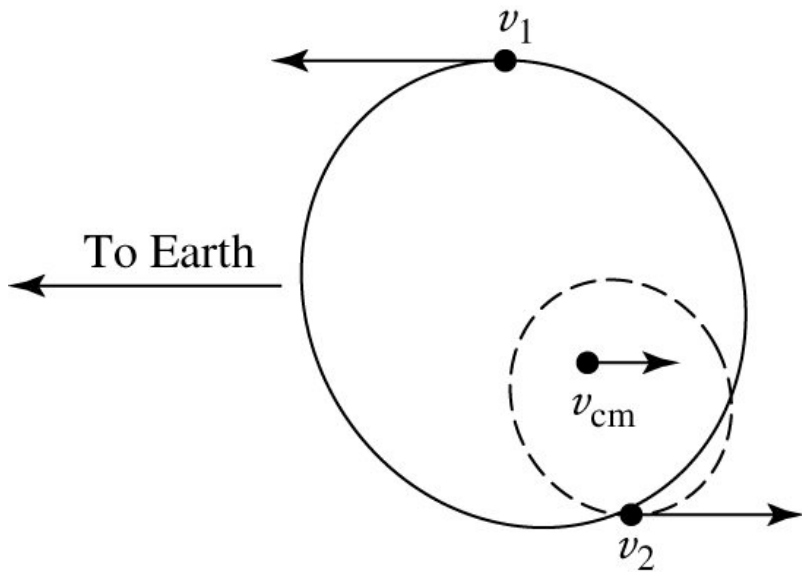
(a)



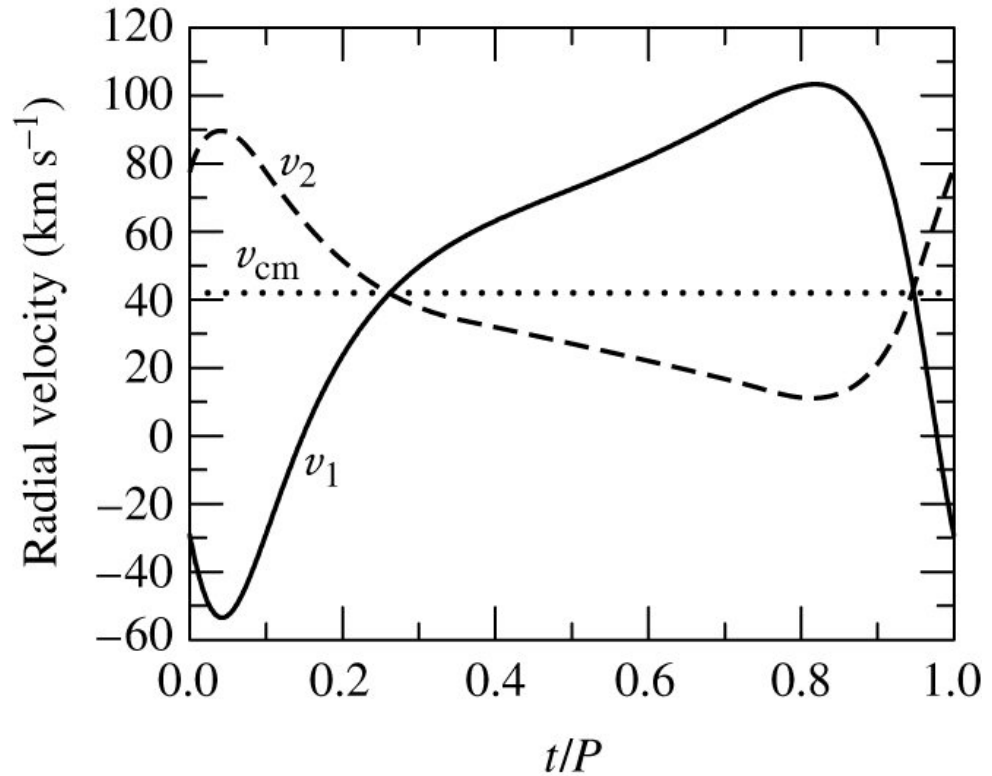
(b)

FIGURE 7.5 The orbital paths and radial velocities of two stars in circular orbits ($e = 0$). In this example, $M_1 = 1 M_\odot$, $M_2 = 2 M_\odot$, the orbital period is $P = 30$ d, and the radial velocity of the center of mass is $v_{cm} = 42 \text{ km s}^{-1}$. v_1 , v_2 , and v_{cm} are the velocities of Star 1, Star 2, and the center of mass, respectively. (a) The plane of the circular orbits lies along the line of sight of the observer. (b) The observed radial velocity curves.

$e = 0,4$; orientation of periastron = 45°



(a)

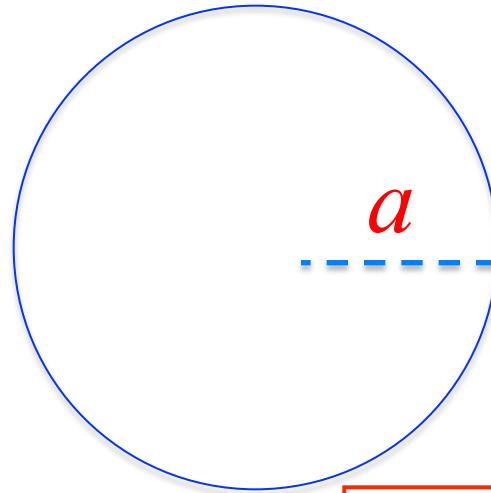


(b)

FIGURE 7.6 The orbital paths and radial velocities of two stars in elliptical orbits ($e = 0.4$). As in Fig. 7.5, $M_1 = 1 M_\odot$, $M_2 = 2 M_\odot$, the orbital period is $P = 30$ d, and the radial velocity of the center of mass is $v_{\text{cm}} = 42 \text{ km s}^{-1}$. In addition, the orientation of periastron is 45° . v_1 , v_2 , and v_{cm} are the velocities of Star 1, Star 2, and the center of mass, respectively. (a) The plane of the orbits lies along the line of sight of the observer. (b) The observed radial velocity curves.

Qual a velocidade v de uma estrela em uma orbita circular com **semi-eixo a** e período P ?

$$v = \frac{2\pi}{P} a$$



$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1} \rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2}{v_1} \rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{v_{2r} / \sin i}{v_{1r} / \sin i} = \frac{v_{2r}}{v_{1r}}$$

Não precisamos i para a razão de massas 😊

$$v_{1r} = v_1 \sin i$$

$$v_{2r} = v_2 \sin i$$

Função de Massa

$$a = a_1 + a_2 = \frac{P}{2\pi} (v_1 + v_2)$$

Para avaliar a soma das massas, podemos usar a na lei de Kepler

$$P^2 = \left[\frac{4\pi^2}{G(m_1 + m_2)} \right] a^3$$

$$m_1 + m_2 = \frac{P}{2\pi G} \frac{(v_{1r} + v_{2r})^3}{\text{sen}^3 i} \quad \begin{array}{l} v_{1r} = v_1 \sin i \\ v_{2r} = v_2 \sin i \end{array}$$

Se uma das estrelas não for visível, podemos

usar $m_1 / m_2 = v_{2r} / v_{1r}$

$$m_1 + m_2 = \frac{P}{2\pi G} \frac{v_{1r}^3}{\text{sen}^3 i} \left(1 + \frac{m_1}{m_2} \right)^3$$

Função de Massa:

$$\frac{m_2^3}{(m_1 + m_2)^2} \text{sen}^3 i = \frac{P}{2\pi G} v_{1r}^3$$

Para Exoplanetas $m_1 \gg m_2$

$$\frac{m_2^3}{(m_1 + m_2)^2} \text{sen}^3 i = \frac{P}{2\pi G} v_{1r}^3$$

$$m_2^3 \text{sen}^3 i = m_1^2 \frac{P}{2\pi G} v_{1r}^3$$

$$m_{\text{Planet}}^3 \text{sen}^3 i = m_*^2 \frac{P}{2\pi G} v_{*r}^3$$

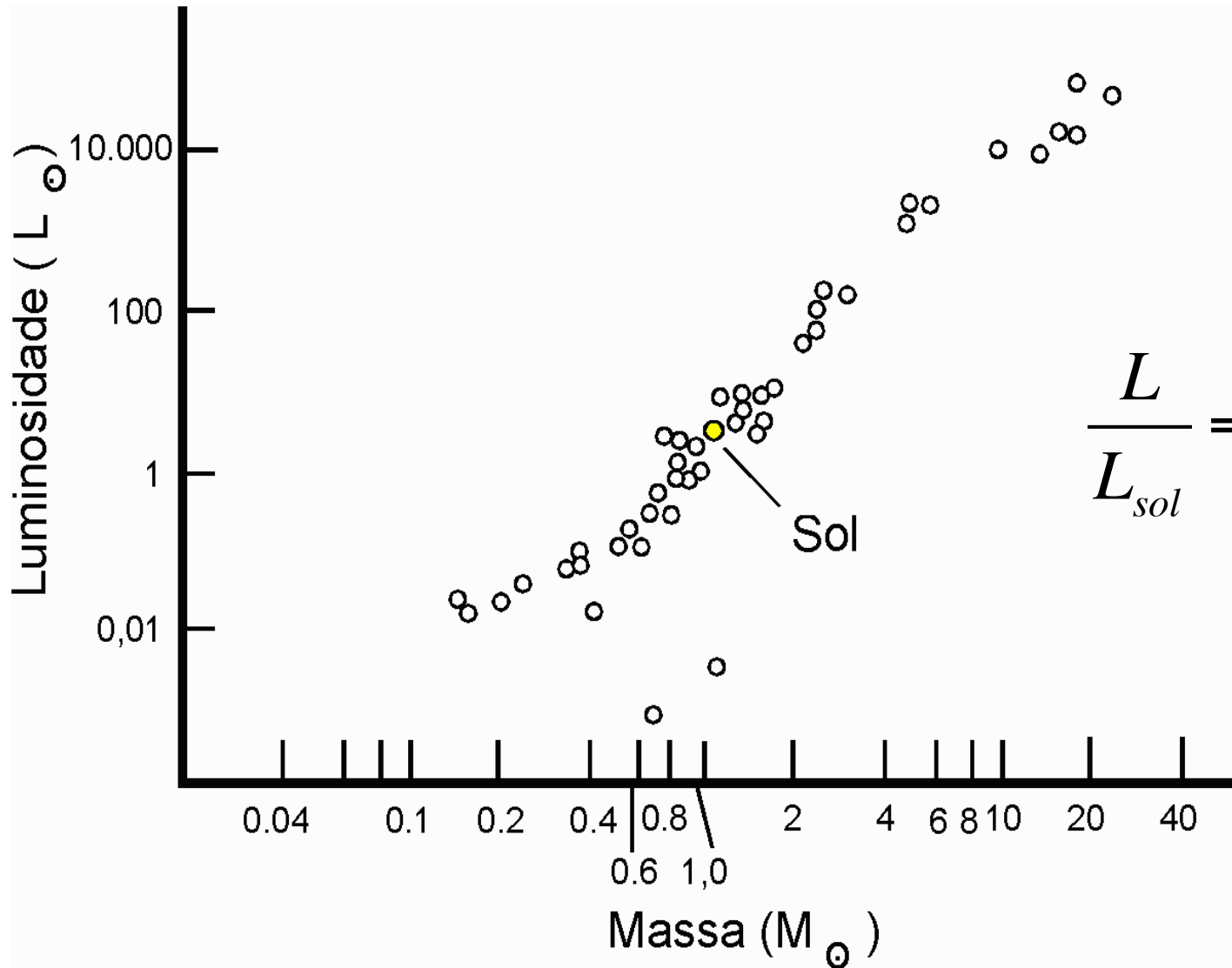
Relação Massa-Luminosidade

- O Estudo de binárias permite estimar suas massas.
- O fluxo de radiação e a distância → luminosidade das estrelas

Quando colocamos num gráfico as massas e as luminosidades dos sistemas binários, temos uma correlação bem definida, chamada **relação Massa-Luminosidade** (M-L).

Eddington (1924) sugeriu que a relação M-L das estrelas é dada por:

$$\frac{L}{L_{sol}} = \left(\frac{M}{M_{sol}} \right)^\alpha$$



O índice α depende da estrutura interna da estrela, opacidade das atmosferas estelares e temperatura.

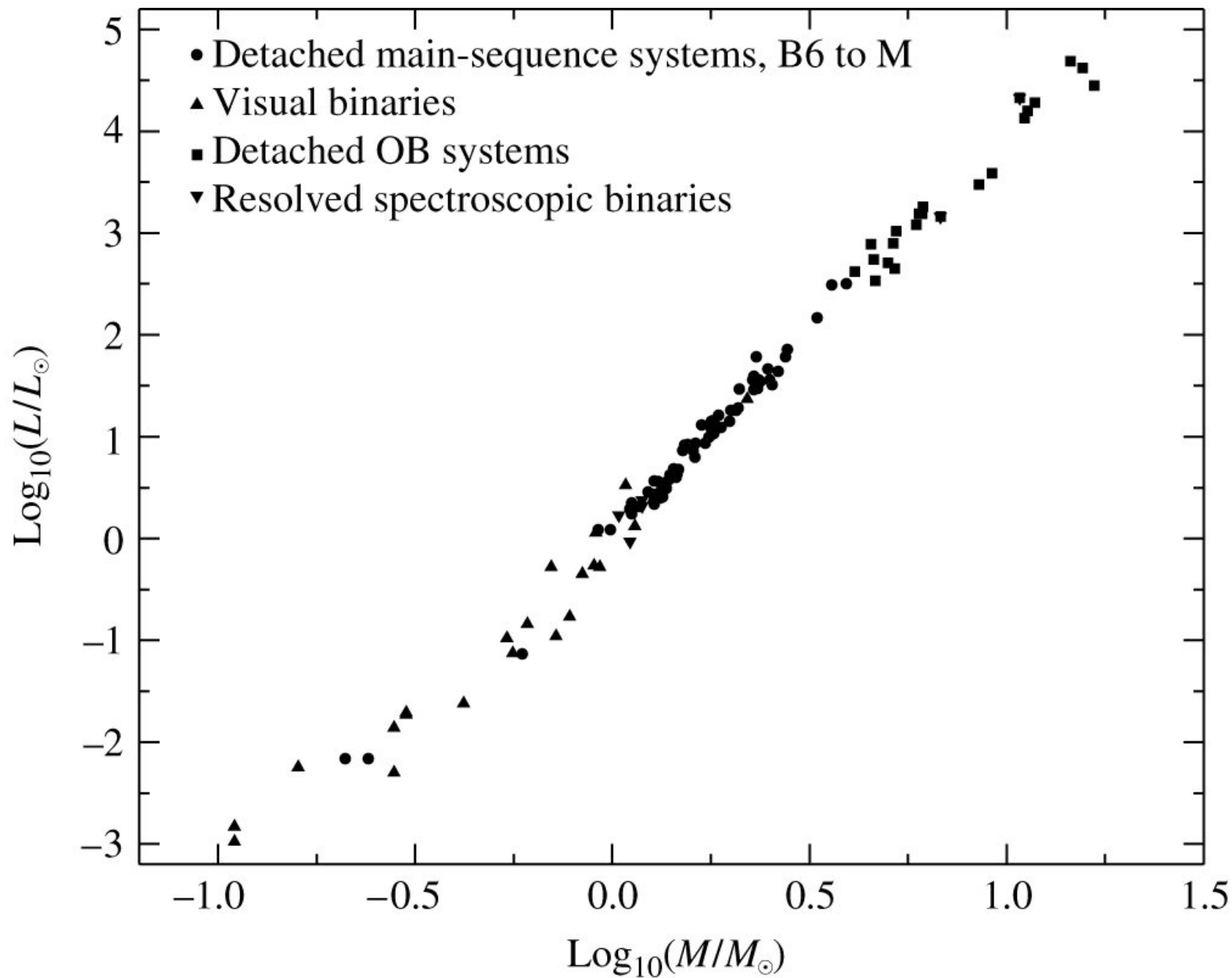
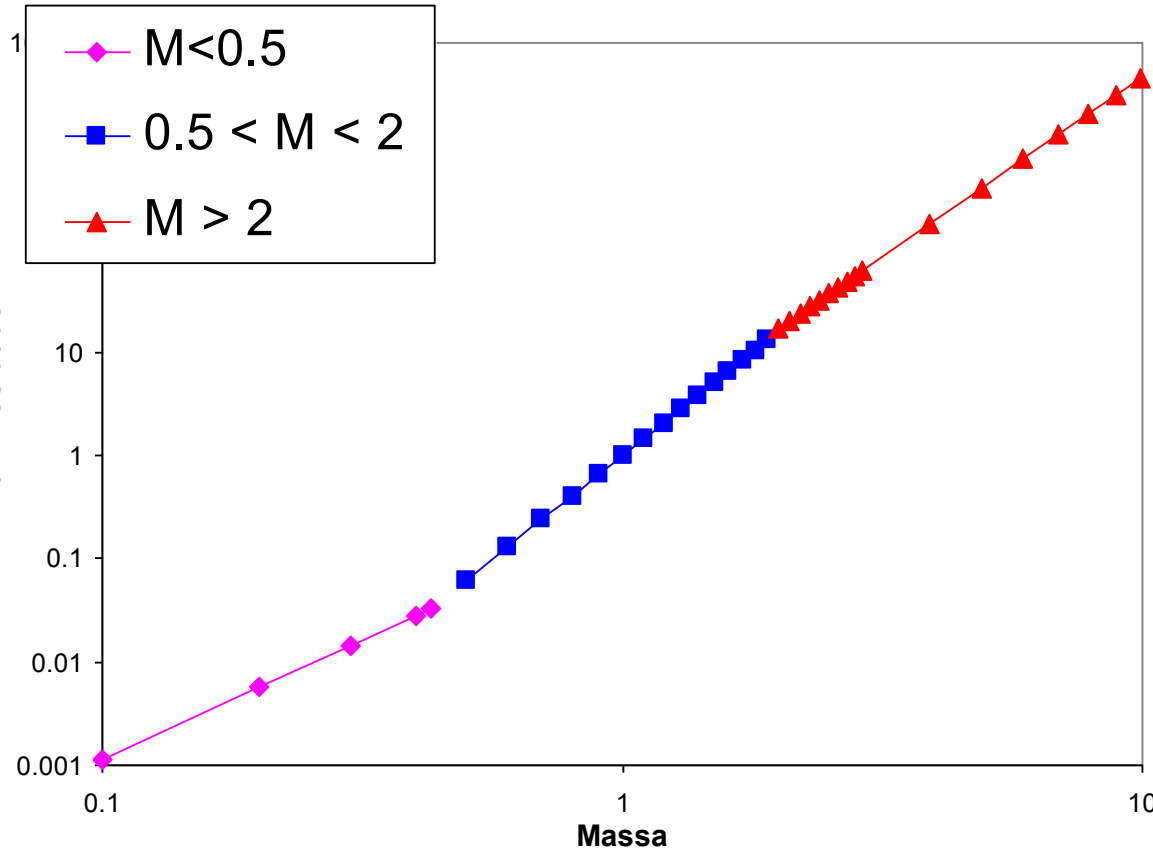


FIGURE 7.7 The mass–luminosity relation. (Data from Popper, *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*, 18, 115, 1980.)

Relação Massa/ Luminosidade

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^{\alpha}$$



- $\alpha \sim 3.5$ (altas M & L)
- $\alpha \sim 4$ ($\sim M_{\odot}$ & L_{\odot})
- $\alpha \sim 2.3$ (baixas M & L)

Diferenças entre
estrelas de alta e de
baixa massa

Determinação de raios e razões de temperatura por meio de eclipses

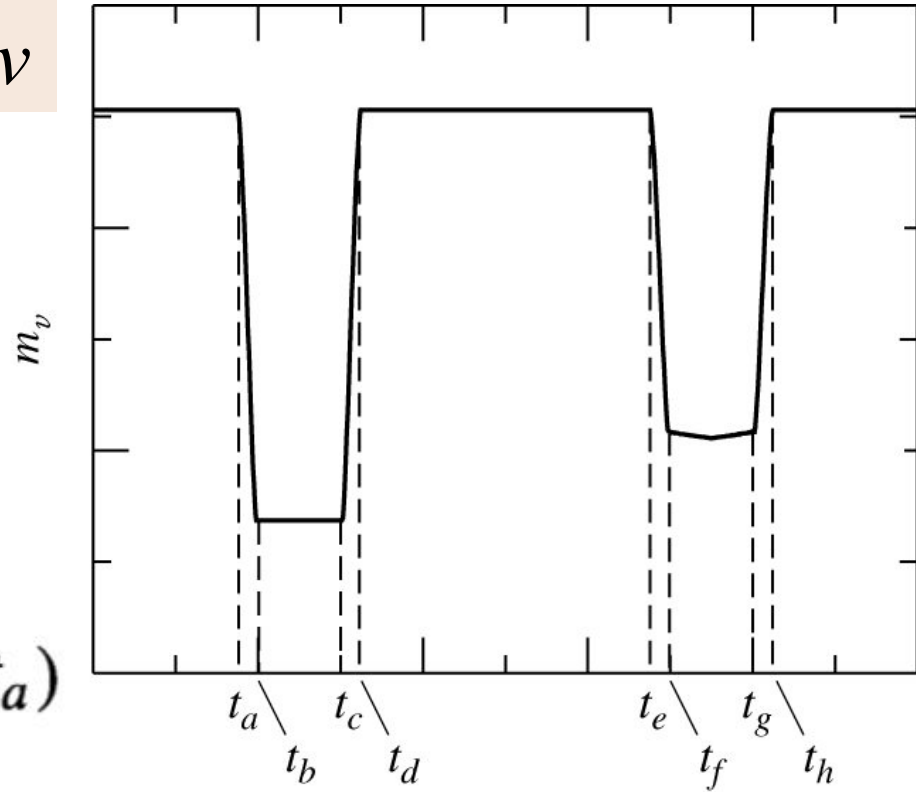
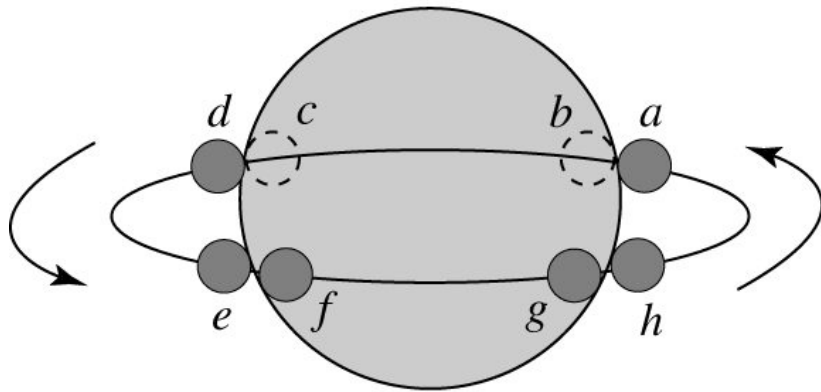
inclination angle



Para termos eclipses, o ângulo de inclinação $i \sim 90^\circ$

Se $i = 75^\circ$ ao invés de $i = 90^\circ$, erro em $m_1 + m_2$ de apenas 10% devido ao fator $(\sin i)^3$

- inclinação $i = 90^\circ$
- Velocidade relativa v



Raio da estrela pequena (small): $r_s = \frac{v}{2} (t_b - t_a)$

Raio da estrela grande (large): $r_\ell = \frac{v}{2} (t_c - t_a) = r_s + \frac{v}{2} (t_c - t_b)$

$v = v_s + v_\ell$ is the *relative* velocity of the two stars

FIGURE 7.9 The light curve of an eclipsing binary for which $i = 90^\circ$. The times indicated on the light curve correspond to the positions of the smaller star relative to its larger companion. It is assumed in this example that the smaller star is hotter than the larger one.

Se a estrela não é completamente eclipsada \rightarrow inclinação $i < 90^0$

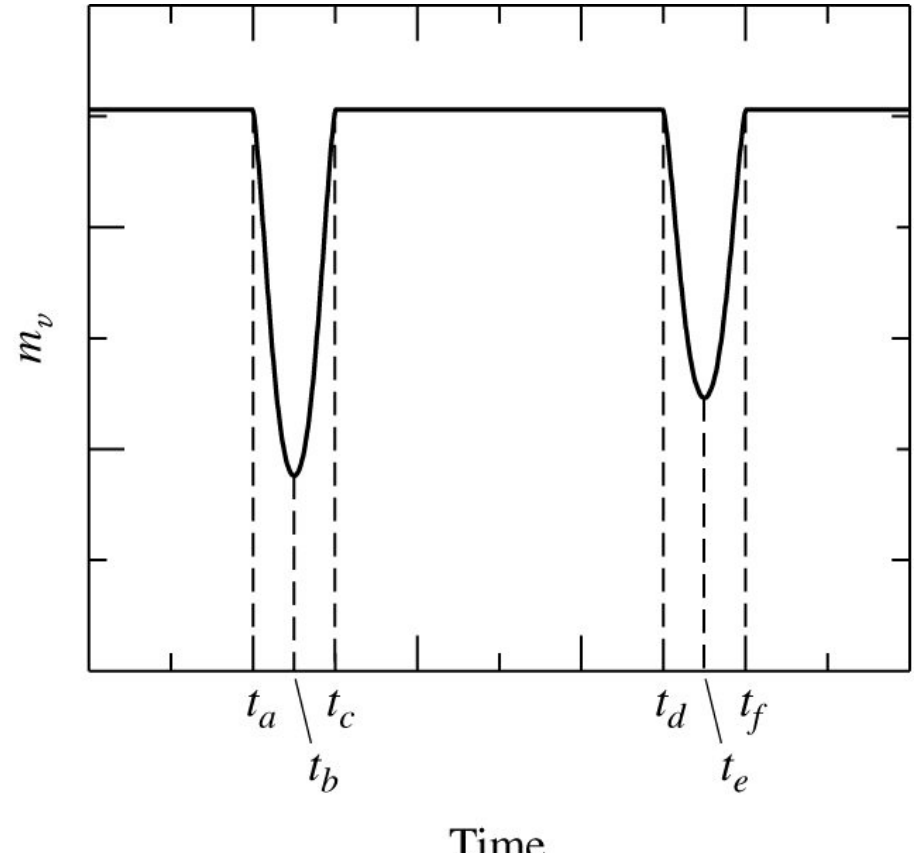
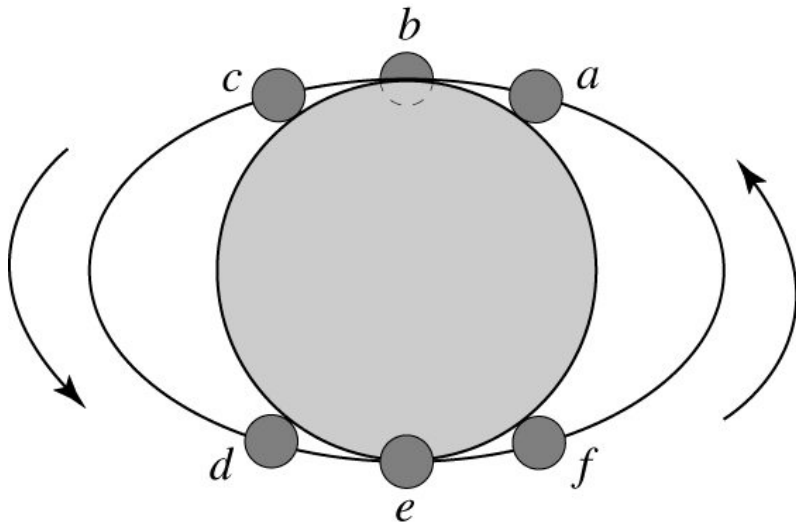


FIGURE 7.10 The light curve of a partially eclipsing binary. It is assumed in this example that the smaller star is hotter than its companion.

Exemplo 7.3.1. A análise do espectro de uma binária eclipsante (linhas duplas) resulta em $P = 8,6$ anos. O máximo deslocamento Doppler da linha de Balmer (656.281nm) é $\Delta\lambda_s = 0.072\text{nm}$ para a estrela menor (s) e de 0.0068nm para a estrela maior (l) Pela forma sinusoidal da curva de velocidade $\rightarrow e \sim 0$. Usando (4.35) e (7.4) encontramos a razão de massas:

$$(4.39) \quad \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{\text{rest}}} \simeq \frac{v_r}{c}$$

s : small, l : large

$$(7.5) \quad m_1 / m_2 = v_{2r} / v_{1r} \quad \rightarrow \quad \frac{m_l}{m_s} = \frac{v_{rs}}{v_{rl}} = \frac{\Delta\lambda_s}{\Delta\lambda_l} = 10.6$$

$$\text{Se } i = 90^\circ \rightarrow \quad v_{rs} = \frac{\Delta\lambda_s}{\lambda} c = 33 \text{ km s}^{-1}$$

Raio da orbita:

$$a_s = \frac{v_{rs} P}{2\pi} = 1.42 \times 10^{12} \text{ m} = 9.5 \text{ AU}$$

Da mesma maneira para a estrela maior (l):

$$v_{rl} = 3,1 \text{ km/s}, a_1 = 0,90 \text{ AU}$$

→ semi-eixo maior da massa reduzida: $a = a_s + a_1 = 10,4 \text{ AU}$

A soma das massas é obtida pela lei de Kepler:

$$m_s + m_\ell = a^3 / P^2 = 15.2 M_\odot$$

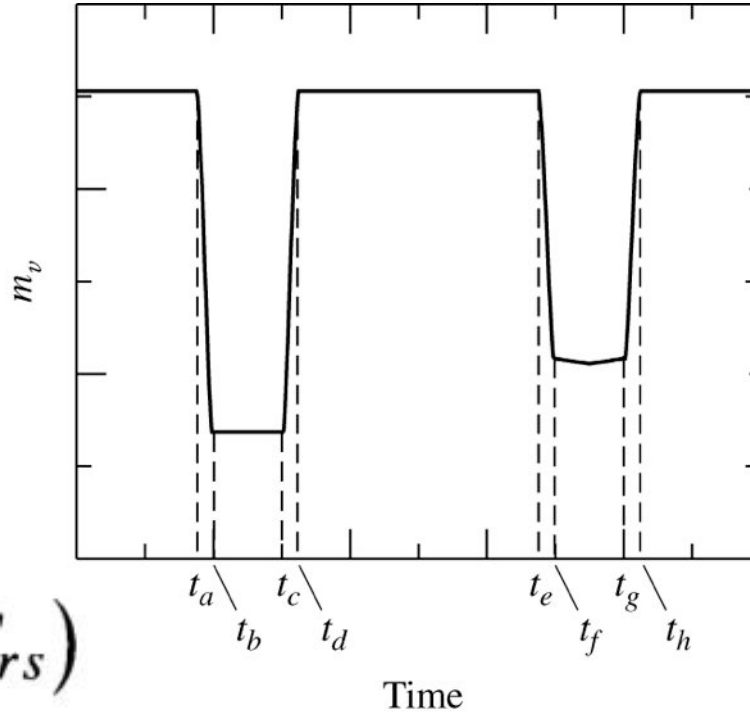
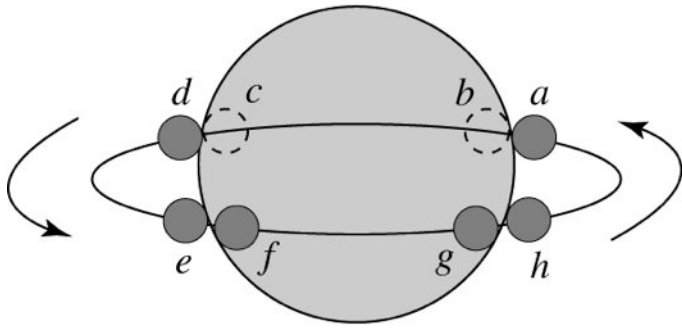
Massas resultantes: $m_s = 1.3 M_\odot$ $m_\ell = 13.9 M_\odot$

Da análise da curva de luz: $t_b - t_a = 11,7$ horas e $t_c - t_b = 164$ horas. Usando a eq. (7.8):

$$r_s = \frac{(v_{rs} + v_{r\ell})}{2} (t_b - t_a) = 7.6 \times 10^8 \text{ m} = 1.1 R_\odot$$

$$r_\ell = \frac{v}{2} (t_c - t_a) = r_s + \frac{v}{2} (t_c - t_b) \rightarrow r_\ell = 369 R_\odot$$

Determinação de razões de temperatura por meio de eclipses



$$F_r = F_{\text{surf}} = \sigma T_e^4$$

$$B_0 = k (\pi r_\ell^2 F_{r\ell} + \pi r_s^2 F_{rs})$$

Eclipse Primário: $B_p = k\pi r_\ell^2 F_{r\ell}$

s: small, *l*: large

Secundário: $B_s = k (\pi r_\ell^2 - \pi r_s^2) F_{r\ell} + k\pi r_s^2 F_{rs}$

$$\frac{B_0 - B_p}{B_0 - B_s} = \frac{F_{rs}}{F_{r\ell}}$$

$$\frac{B_0 - B_p}{B_0 - B_s} = \left(\frac{T_s}{T_\ell} \right)^4$$

Example 7.3.2. Further examination of the light curve of the binary system discussed in Example 7.3.1 provides information on the relative temperatures of the two stars. Photometric observations show that at maximum light the bolometric magnitude is $m_{\text{bol},0} = 6.3$, at the primary minimum $m_{\text{bol},p} = 9.6$, and at the secondary minimum $m_{\text{bol},s} = 6.6$. From Eq. (3.3), the ratio of brightnesses between the primary minimum and maximum light is

$$\frac{B_p}{B_0} = 100^{(m_{\text{bol},0} - m_{\text{bol},p})/5} = 0.048.$$

Similarly, the ratio of brightnesses between the secondary minimum and maximum light is

$$\frac{B_s}{B_0} = 100^{(m_{\text{bol},0} - m_{\text{bol},s})/5} = 0.76.$$

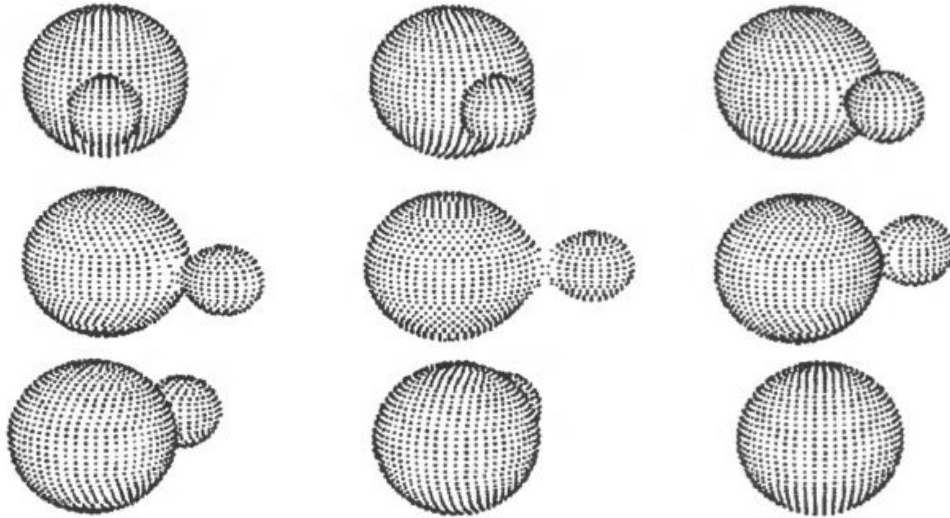
Now, by rewriting Eq. (7.10), we find that the ratio of the radiative fluxes is

$$\frac{F_{rs}}{F_{r\ell}} = \frac{1 - B_p/B_0}{1 - B_s/B_0} = 3.97.$$

Finally, from Eq. (3.18),

$$\frac{T_s}{T_\ell} = \left(\frac{F_{rs}}{F_{r\ell}} \right)^{1/4} = 1.41.$$

Modelagem de binárias por computador



Programas do livro:
[http://wps.aw.com/
aw_carroll_ostlie_astro_2e/
48/12319/3153834.cw/index.html](http://wps.aw.com/aw_carroll_ostlie_astro_2e/48/12319/3153834.cw/index.html)

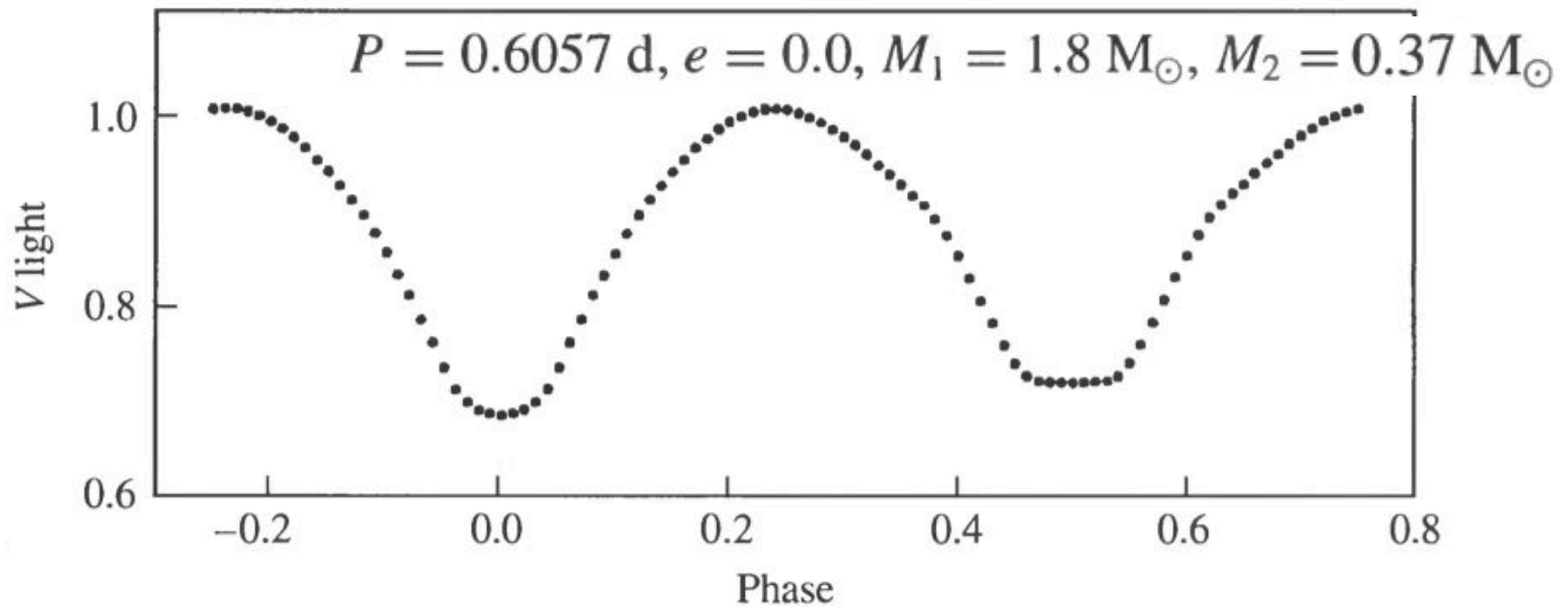
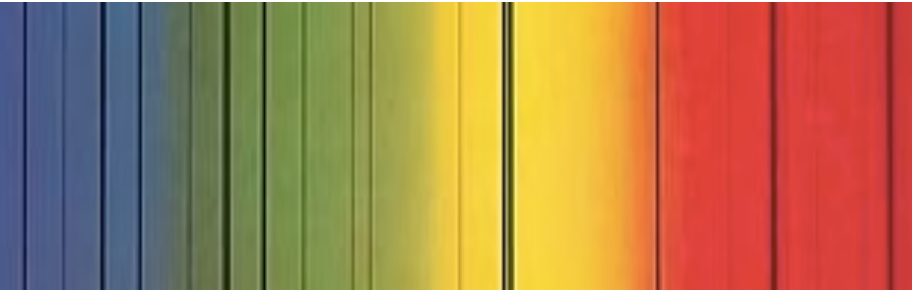
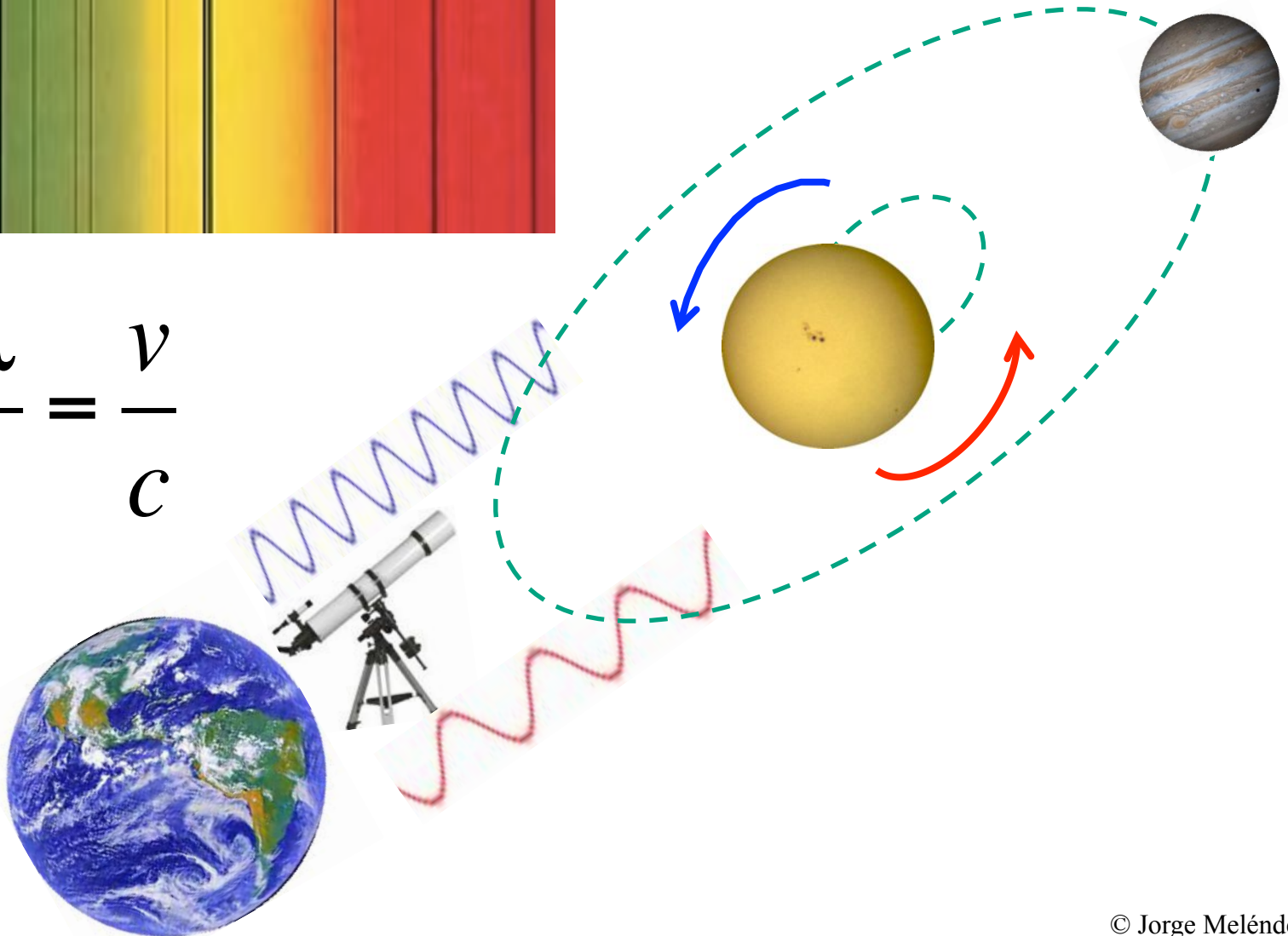


FIGURE 7.11 A synthetic light curve of RR Centauri, an eclipsing binary star system for which the two components are in close contact.

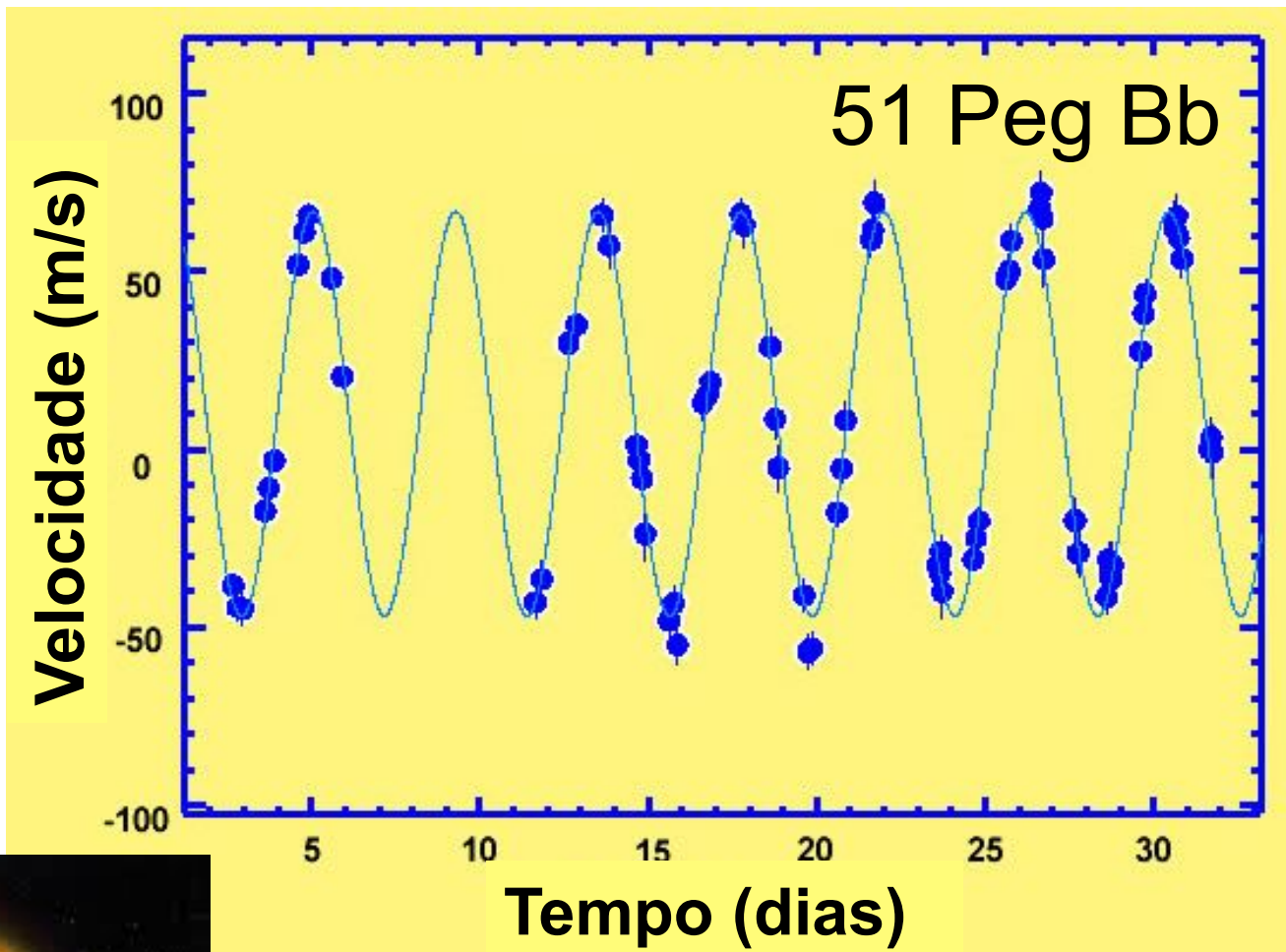
7.4. A busca por planetas extrassolares. Detecção de planetas pelo efeito Doppler



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



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



http://www.kcvs.ca/martin/astro/au/unit7/164/chp16_4.html

Primeiro exoplaneta:
Mayor & Queloz (1995)



Exemplo 7.4.1. Velocidade devida a Júpiter.

$P = 11,86$ anos, semi-eixo maior $a = 5,2$ AU, $m = 0,00095M_{\odot}$

Assumindo uma orbita circular (Júpiter tem $e = 0,0489$):

$$v_J = 2\pi a / P = 13.1 \text{ km s}^{-1}$$

Usando: $m_1 / m_2 = v_{2r} / v_{1r}$

A velocidade do Sol: $v_{\odot} = \frac{m_J}{M_{\odot}} v_J = 12.5 \text{ m s}^{-1}$



Procura de planetas em gêmeas do Sol, no Observatório **ESO La Silla: 100 noites** (88+12)

Projeto internacional liderado pela USP
(Prof. Jorge Melendez).
Brasil, EUA, Alemanha, Austrália

HARPS, precisão de 1m/s



The Solar Twin Planet Search

II. A Jupiter twin around a solar twin[★]

M. Bedell^{1,★★}, J. Meléndez², J. L. Bean¹, I. Ramírez³, M. Asplund⁴, A. Alves-Brito⁵

¹ Department of Astronomy and Astrophysics, University of Chicago, 5640 S. Ellis Ave, Chicago, IL 60637, USA
e-mail: mbedell@oddjob.uchicago.edu

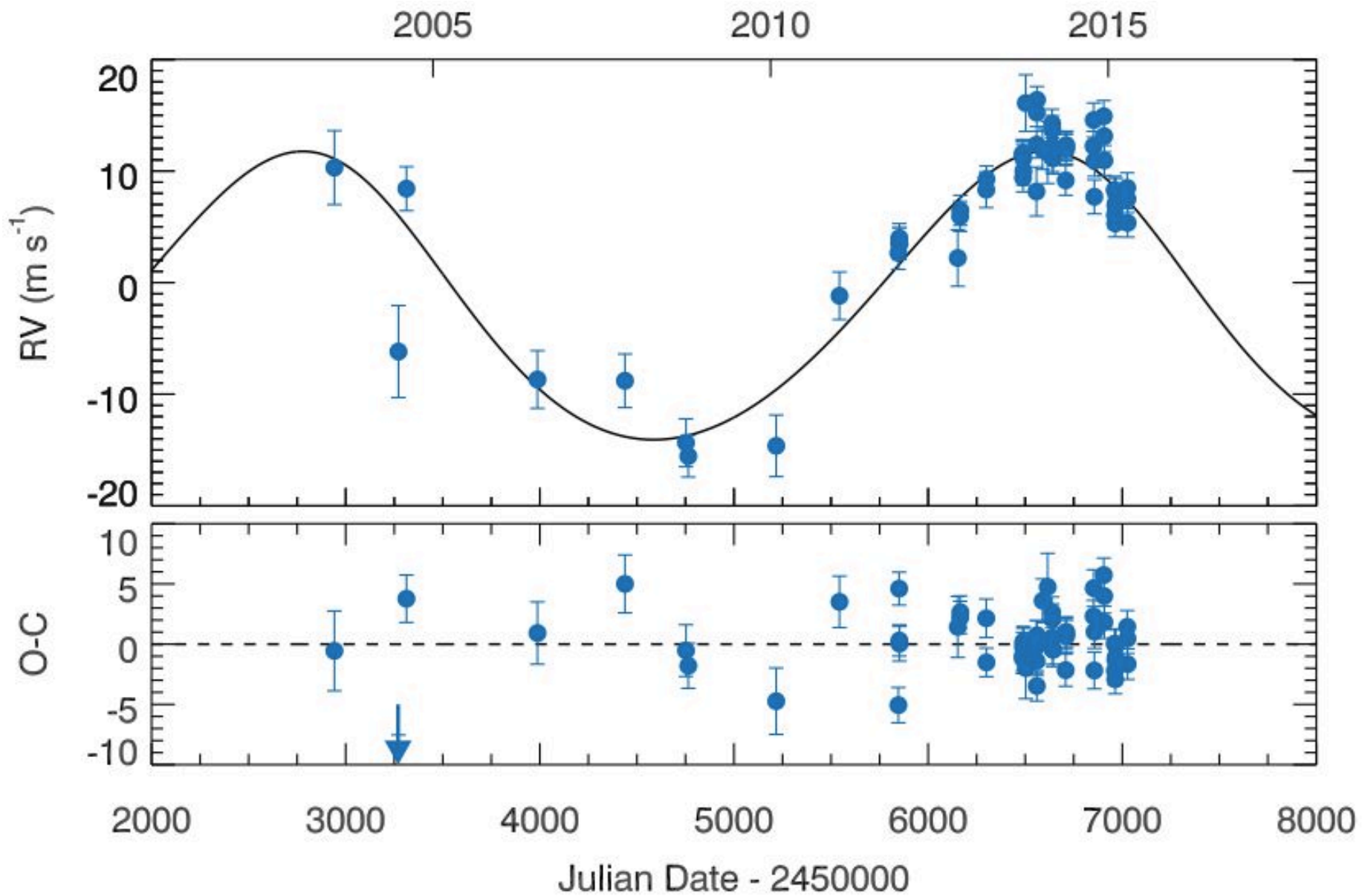
² Departamento de Astronomia do IAG/USP, Universidade de São Paulo, Rua do Matão 1226, Cidade Universitária, 05508-900 São Paulo, SP, Brazil

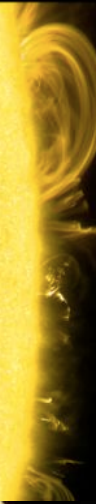
³ McDonald Observatory and Department of Astronomy,

⁴ Research School of Astronomy and Astrophysics, The

⁵ Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande

Parameter		Value
P	[days]	3830
K	[m s ⁻¹]	12.9
e		0.10
$\omega + M_0$	[rad]	3.0
$\omega - M_0$	[rad]	2.4
α	[m s ⁻¹ (unit S_{HK}) ⁻¹]	160
C	[m s ⁻¹]	-11.0
σ_J	[m s ⁻¹]	1.8
$m_p \sin(i)$	[M_{Jup}]	0.99
a	[AU]	4.8





Mercúrio



Vênus



Terra



Marte



Sistema Solar

Júpiter



Sistema planetário HIP 11915

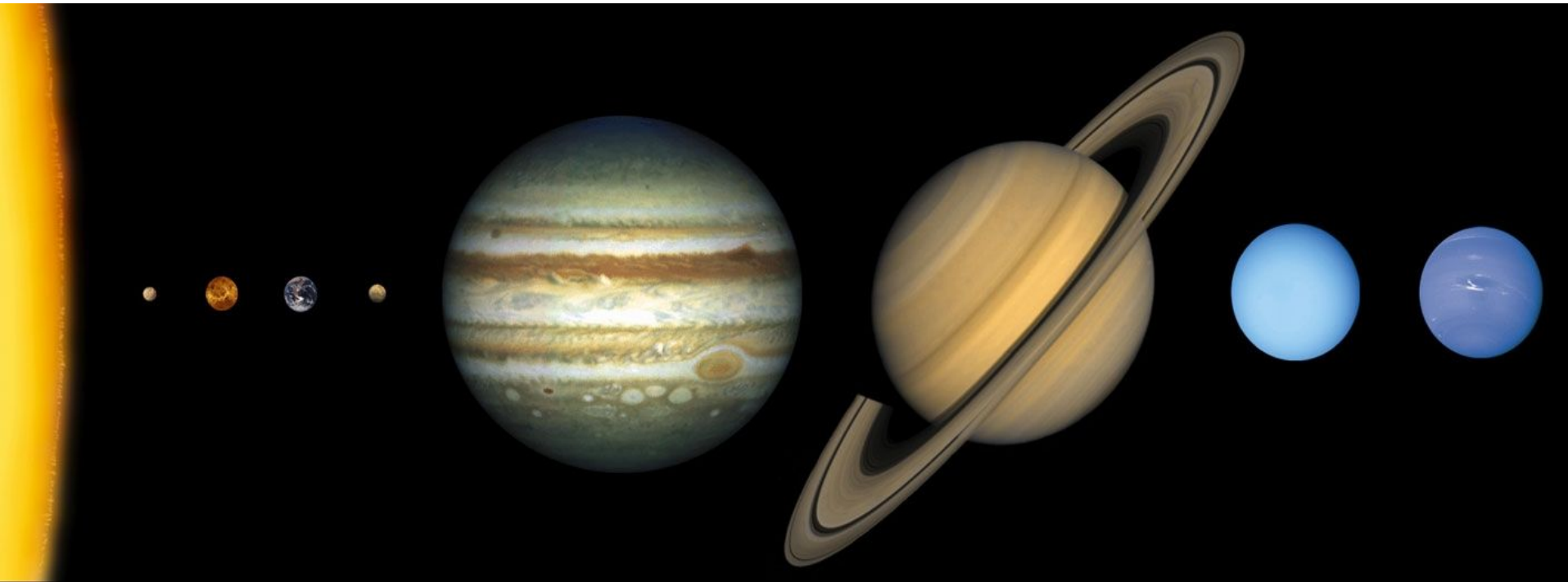
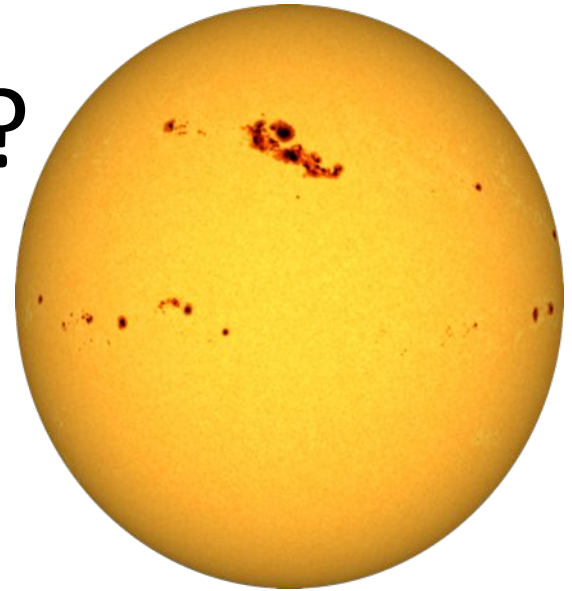
HIP11915b



Primeiro planeta “brasileiro”

Como detectar a Terra 2,0?

- Atual instrumentação: 1m/s
- Efeito da Terra 9 cm/s
- **Desafios: “ruído” estelar (atividade magnética) ~ 1m/s**



Convecção

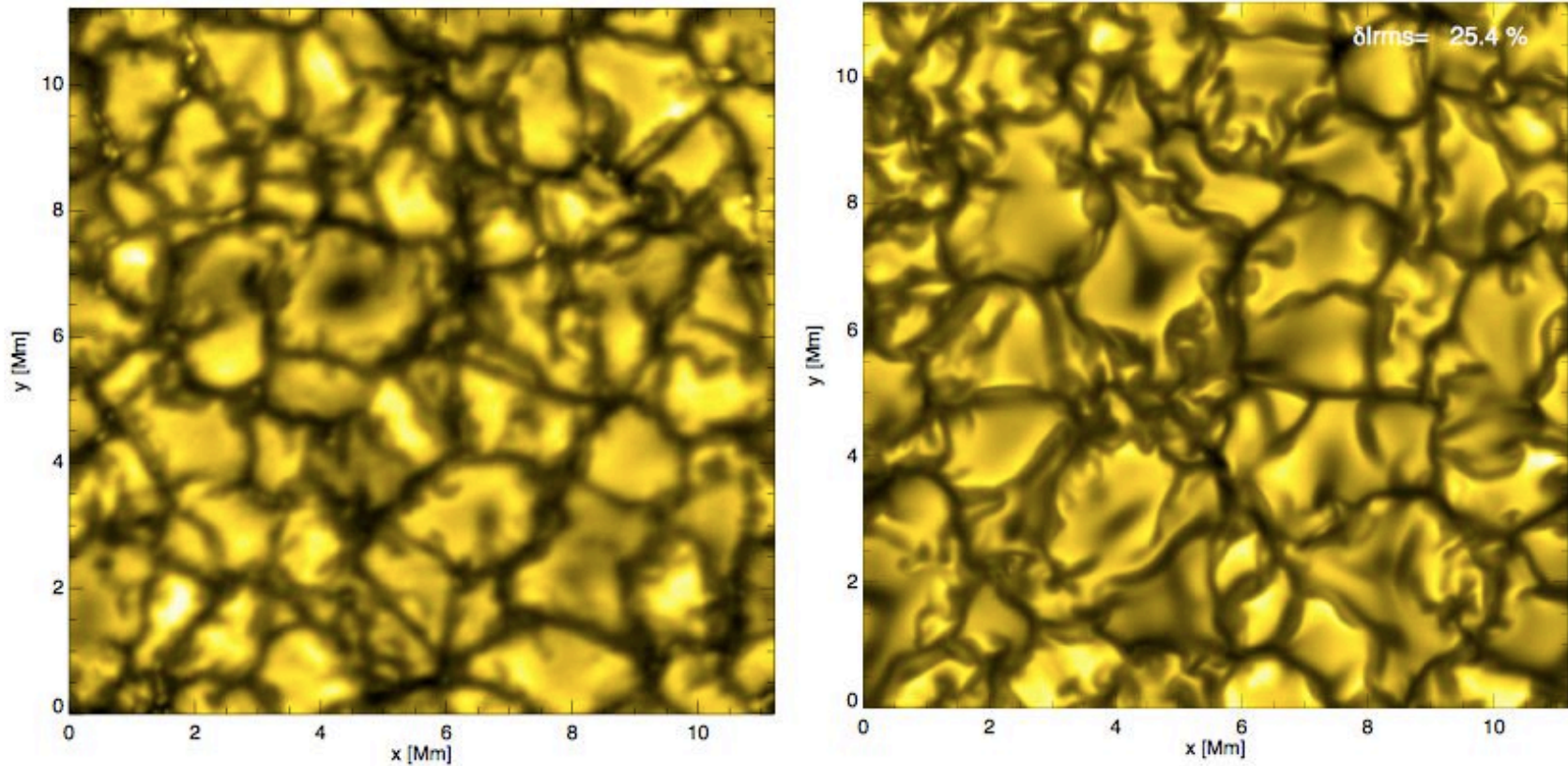
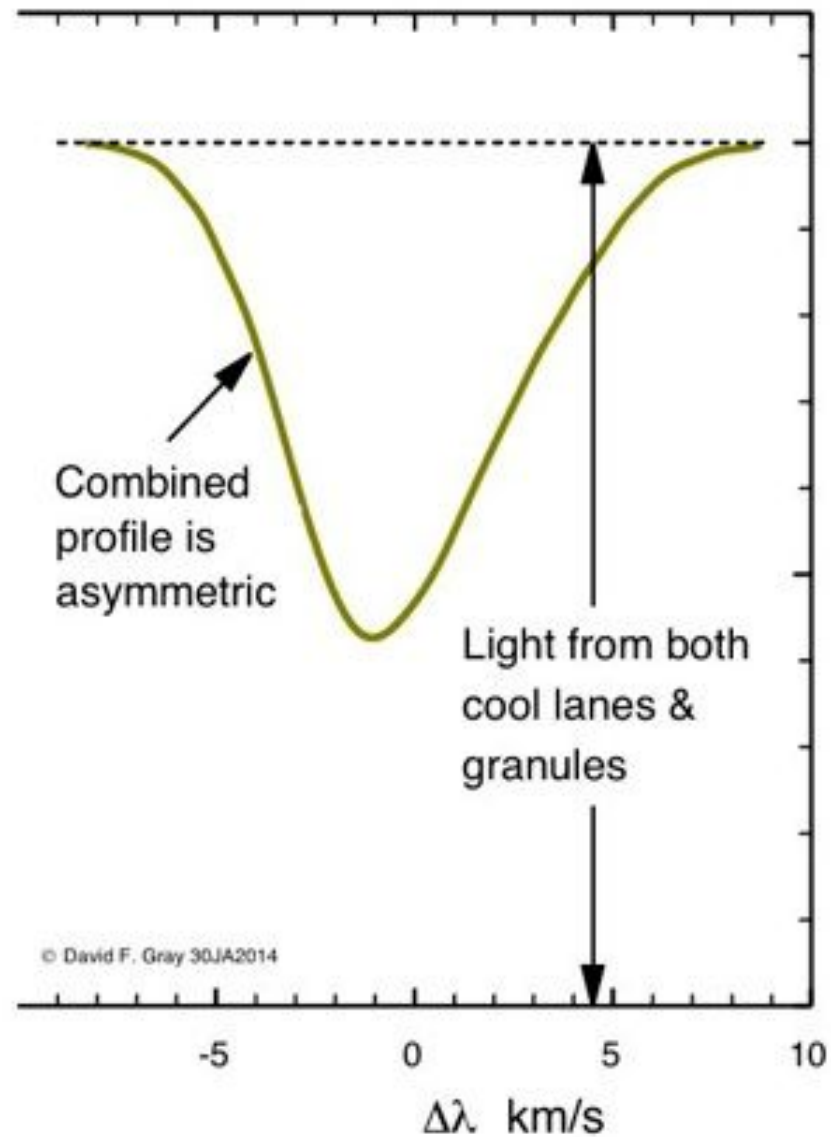
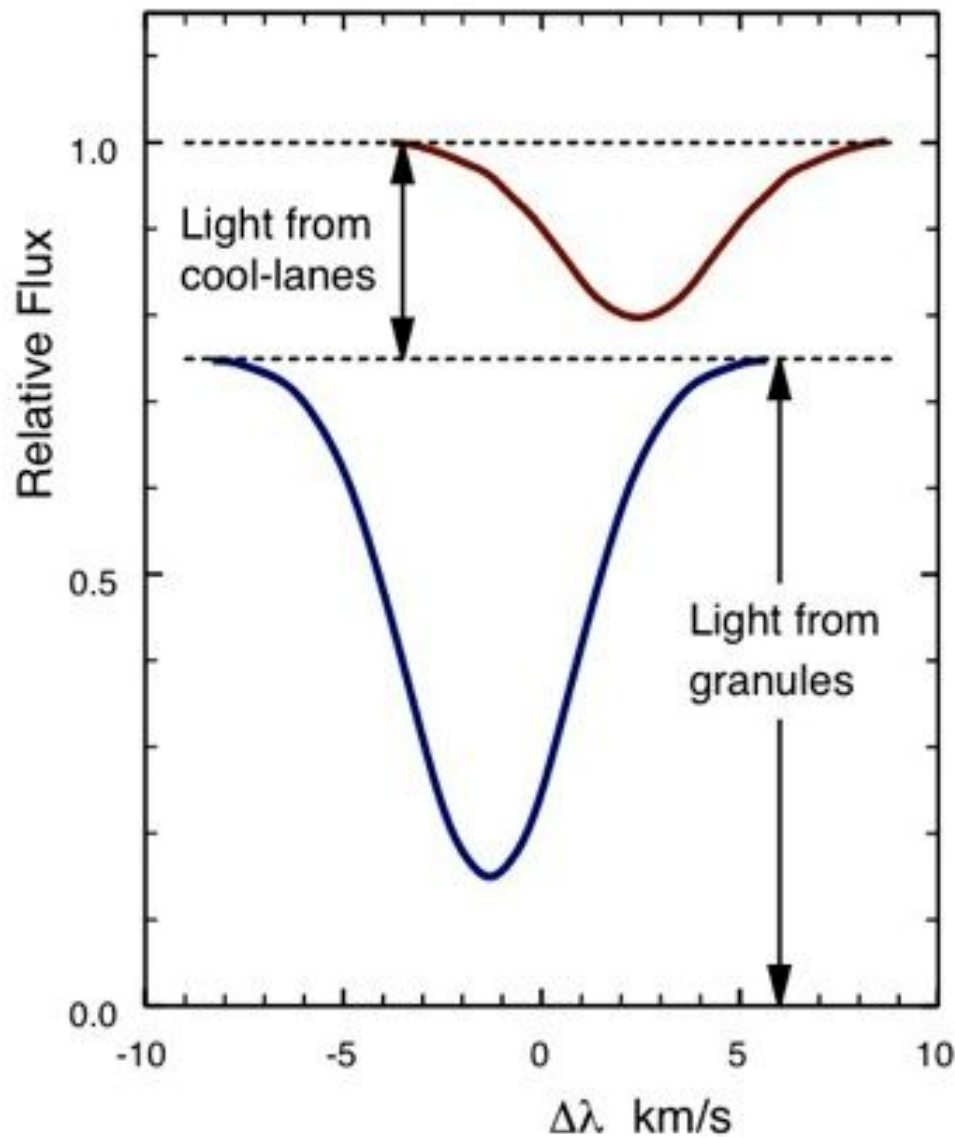


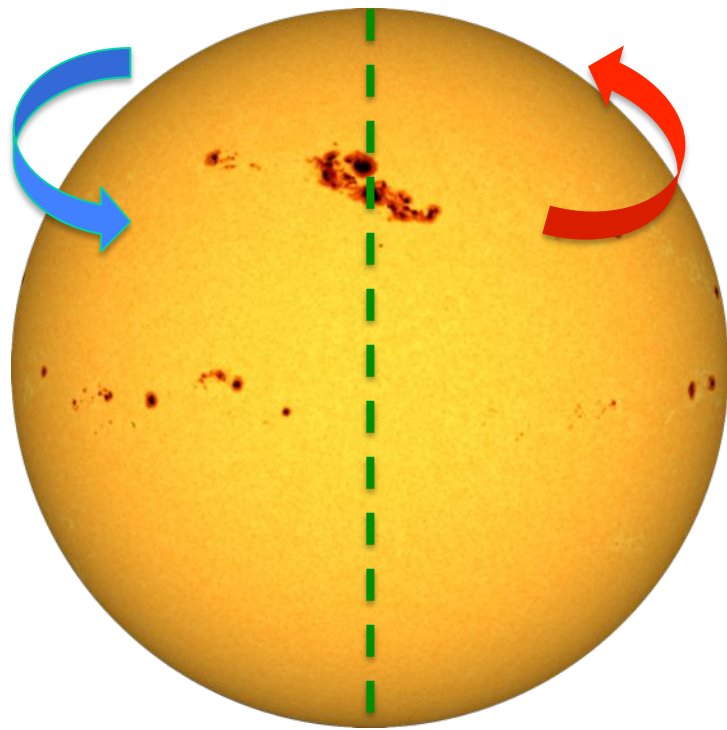
Figure 1: **Left:** Quiet solar granulation as observed with the 1m Swedish Solar Telescope (courtesy Mats Carlsson 2004). **Right:** High-resolution CO⁵BOLD simulation of solar surface convection. Both images show the emergent continuum intensity (using identical scaling) at $\lambda 4364 \text{ \AA}$ in a field measuring $15'' \times 15''$ ($11 \times 11 \text{ Mm}$).

**The Solar Photospheric Nitrogen Abundance.
Determination with 3D and 1D model atmospheres.**

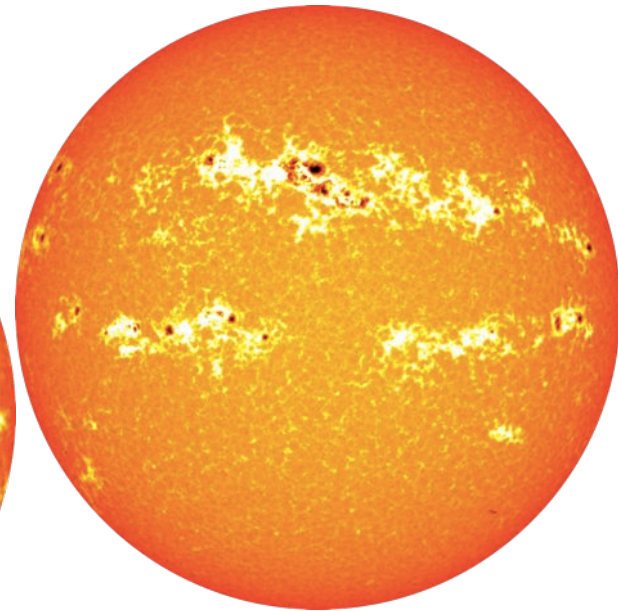
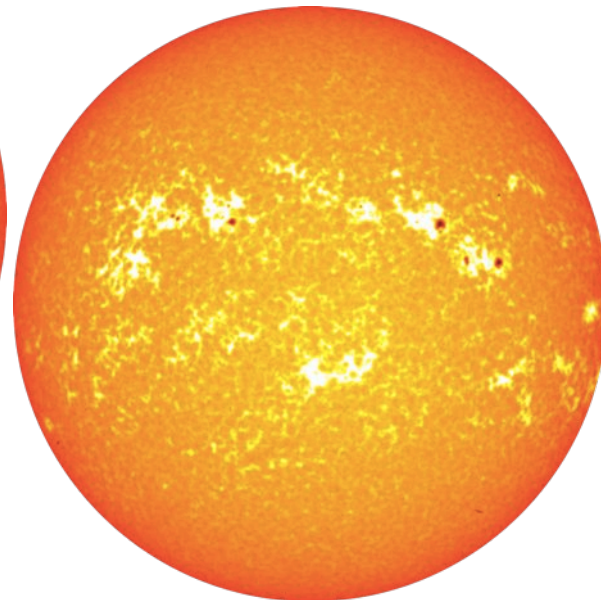
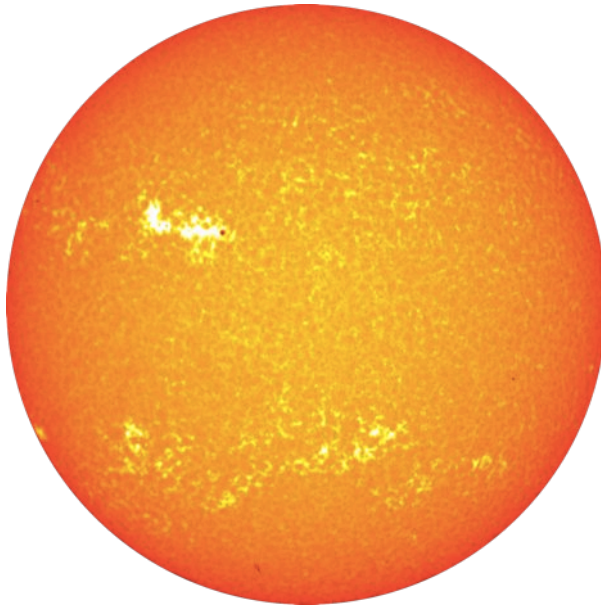
*E.Maiorca^A, E.Caffau^B, P.Bonifacio^{C,B,D}, M.Busso^{A,H}, R.Faraggiana^E,
M.Steffen^F, H.-G.Ludwig^{C,B}, I.Kamp^G*



Devido à convecção o perfil das linhas é assimétrico

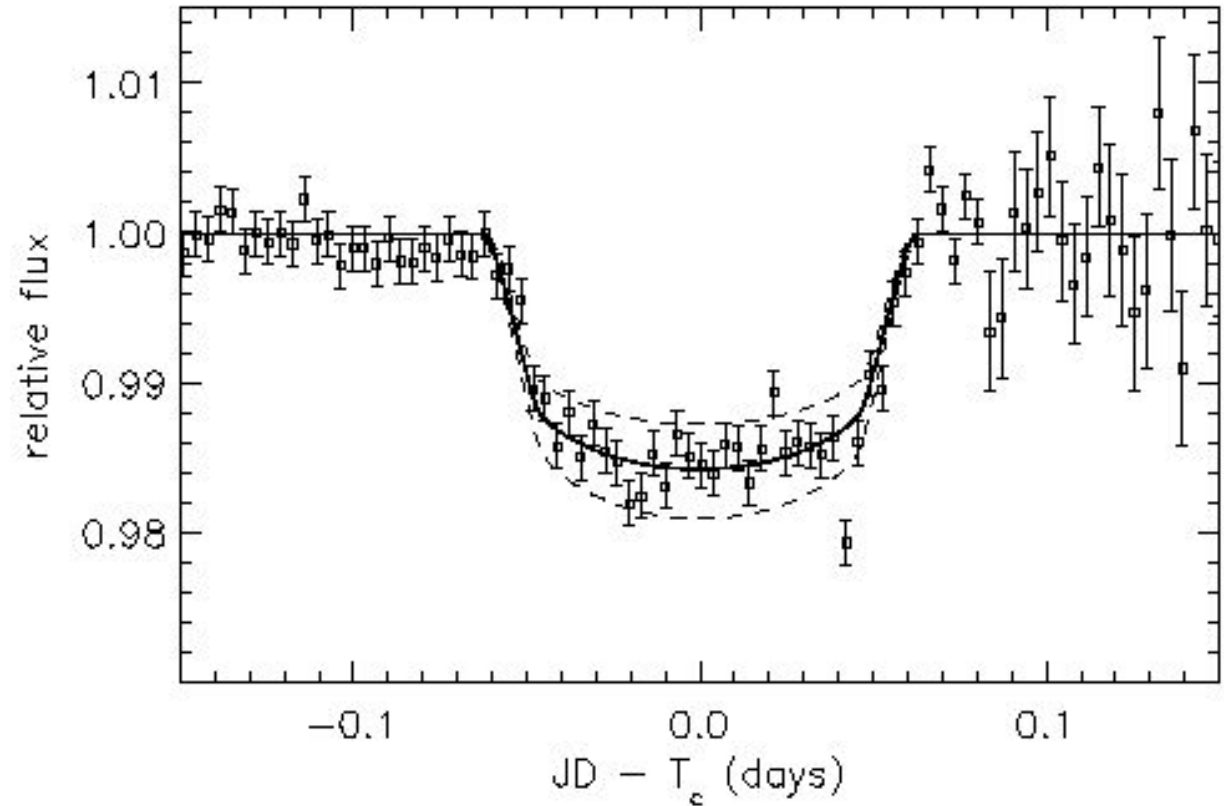
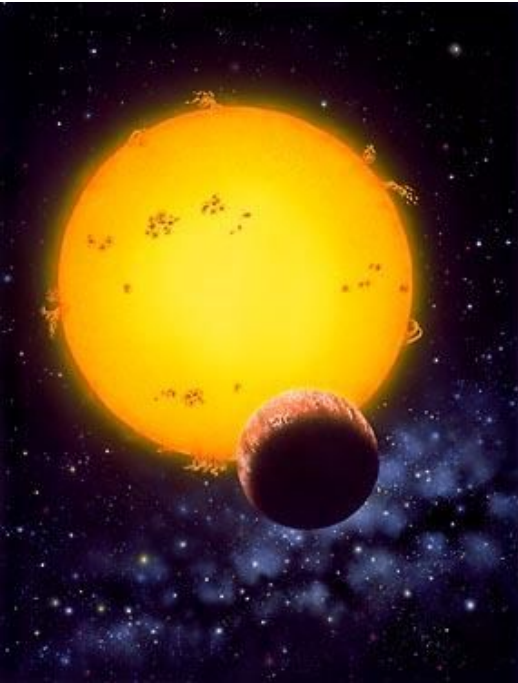


Manchas solares e *plages* podem distorcer o perfil da linha \rightarrow variações aparentes da velocidade radial (m/s), moduladas pela rotação e ciclo de atividade



Detecção de exoplanetas: trânsitos

HD 209458



The Astrophysical Journal, 529:L45-L48, 2000 January 20

Detection of Planetary Transits Across a Sun-like Star

David Charbonneau,^{1,2} Timothy M. Brown,² David W. Latham,¹ & Michel Mayor³

Finding exoplanets: Transits

HD 209458

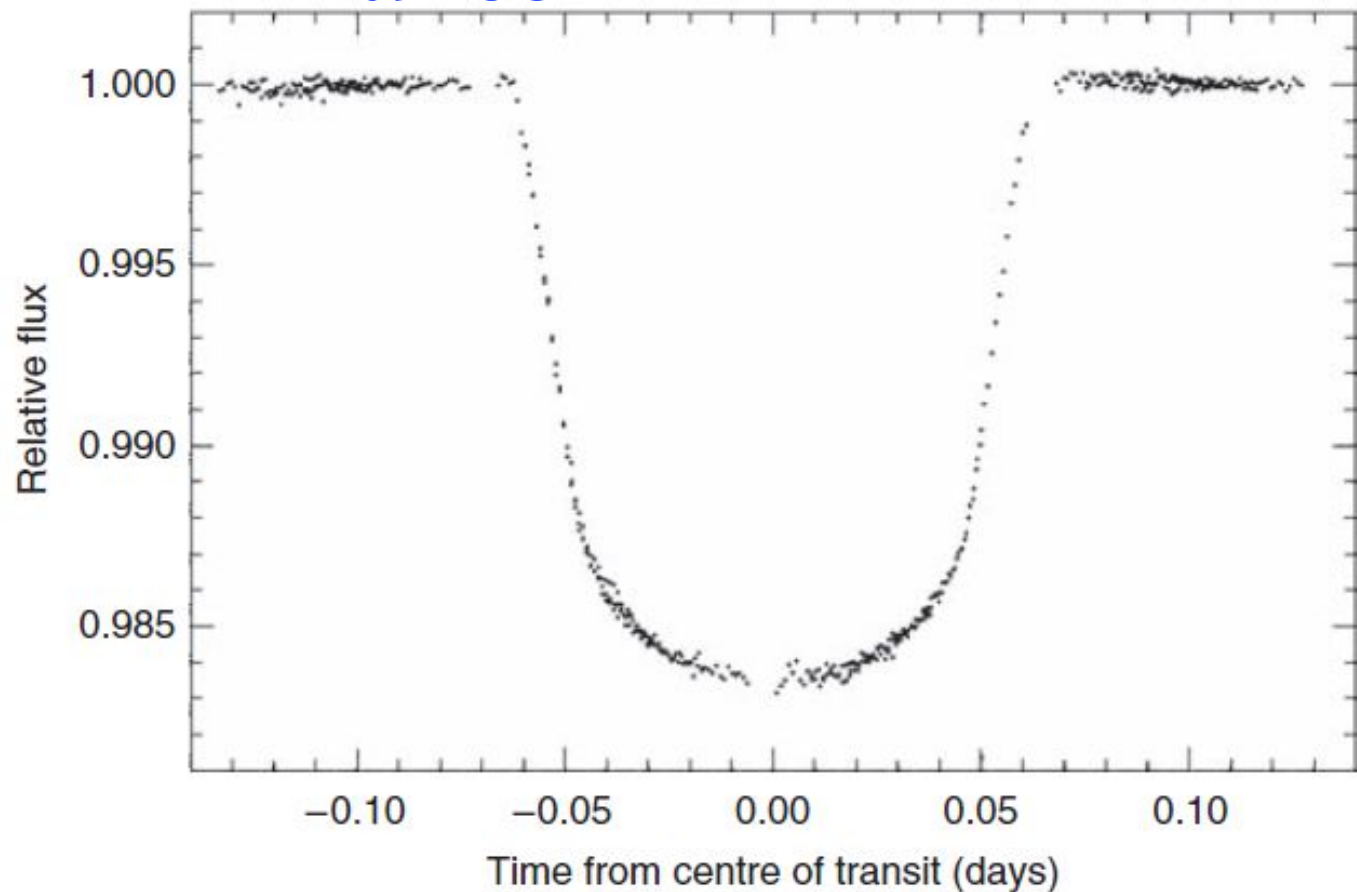
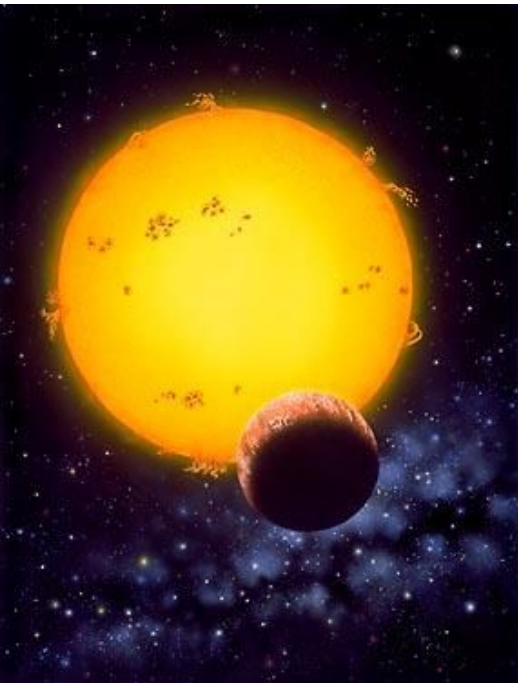
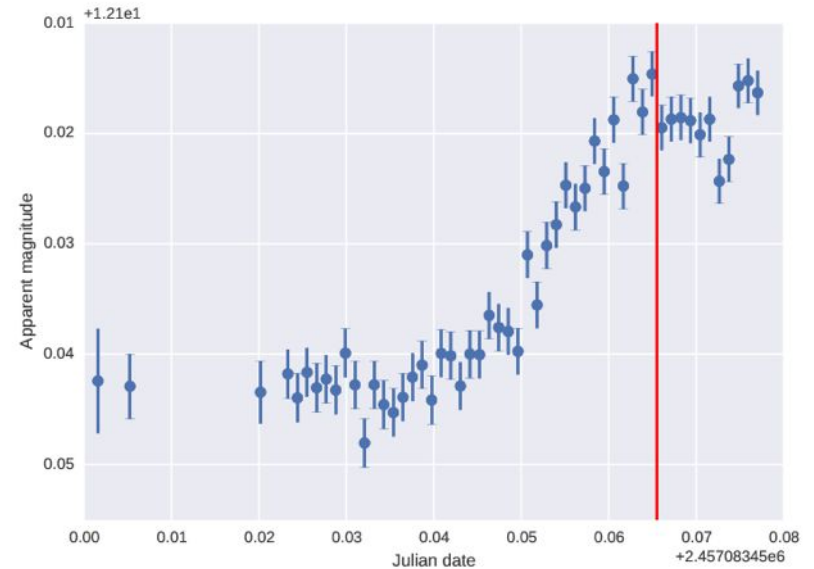
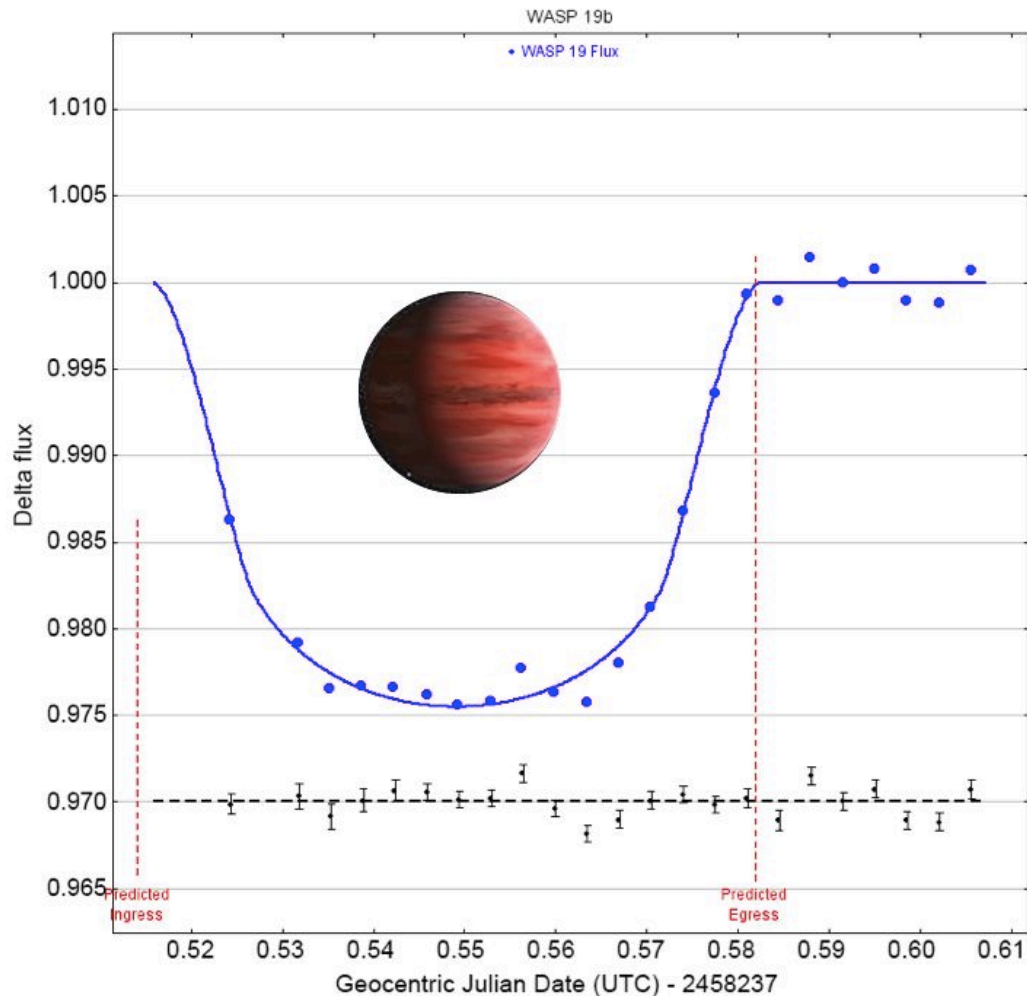


Figure 1.1 Eclipse of HD 209458 by its low-mass, presumed planetary, companion. The light curve has been combined from four separate recordings in April and May 2000 using the Imaging Spectrograph of the Hubble Space Telescope integrating over a yellow–orange region of the spectrum. Individual points are accurate to an estimated 1 part in 10 000. (From T. M. Brown *et al.*, 2001.)

Trânsito no OPD/LNA (Brazópolis)

Detecting known exoplanets: WASP 19

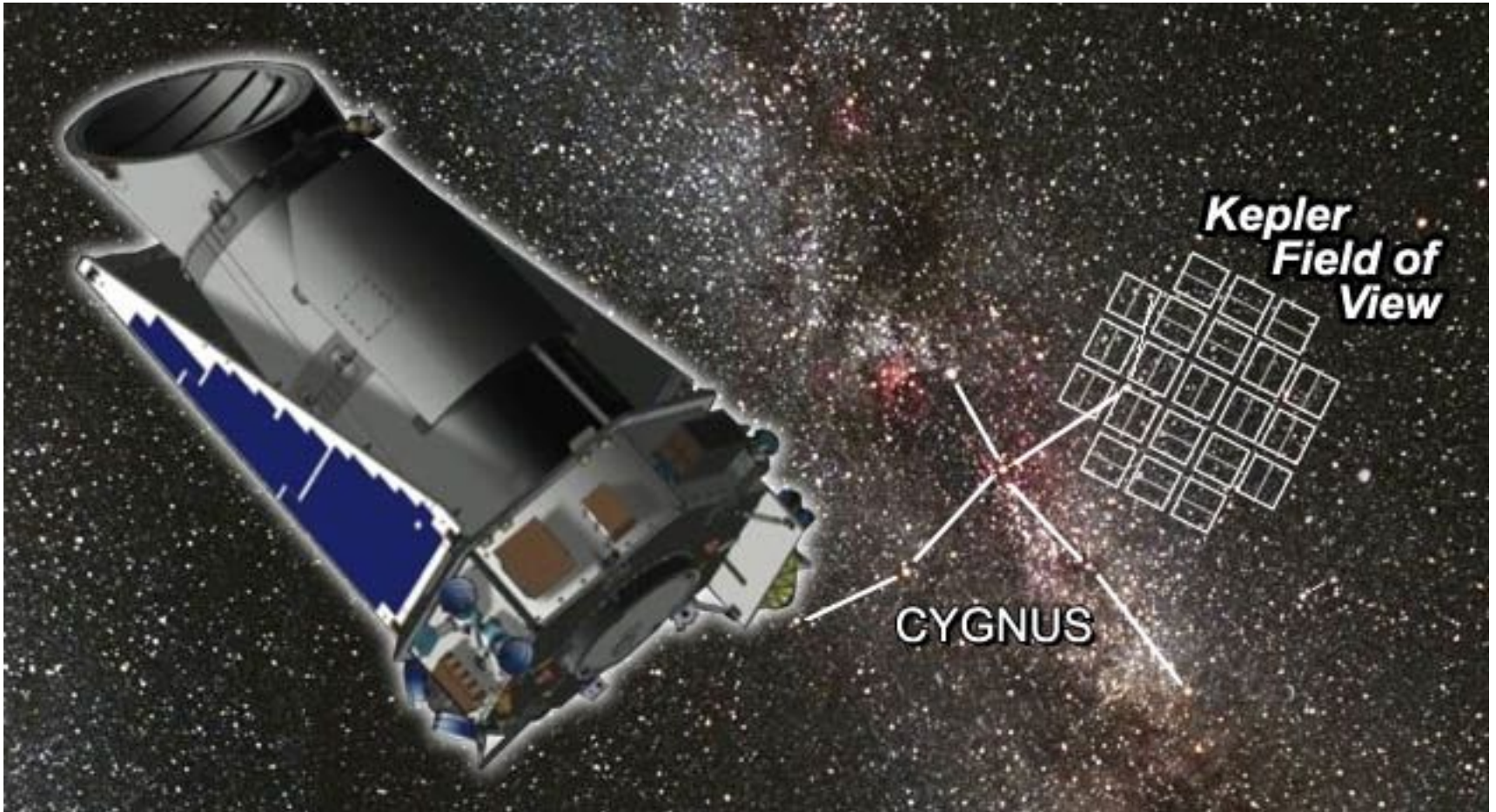


Curvas de luz usando o telescópio IAG/USP (60cm).

Acima: Léo dos Santos
Esquerda: Erik Lima.
(ambos do IAG/USP)

Telescópio espacial Kepler (0,95 m)

Observou mais de 100 000 estrelas na constelação Cygnus



TESS

<https://tess.gsfc.nasa.gov/>



National Aeronautics and Space Administration
Goddard Space Flight Center

Search

TESS | Transiting Exoplanet Survey Satellite



Home

The TESS Mission

Science and Data

Education and Outreach

News and Resources

The TESS Mission

Overview

Why TESS?

Mission History

TESS Observatory

Ground Operations

Launch

Guest Investigator Program

Quick Facts

Meet the Team

The Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) will discover thousands of exoplanets in orbit around the brightest stars in the sky. In a two-year survey of the solar neighborhood, TESS will monitor more than 200,000 stars for temporary drops in brightness caused by planetary transits. This first-ever spaceborne all-sky transit survey will identify planets ranging from Earth-sized to gas giants, around a wide range of stellar types and orbital distances. No ground-based survey can achieve this feat.

NASA | The Search for New Worlds is Here



TESS IN FLIGHT

118 : 15 : 43 : 43
DAYS HOURS MINUTES SECONDS

Tweets by @NASA_TESS

NASA_TESS Retweeted

TESS at MIT
@TESSatMIT

Let the vetting begin! The @NASA_TESS Science team is searching for planet candidates in over 1,000 transits produced by preliminary analysis. Sign up to follow our findings at tess.mit.edu/alerts

EXERCÍCIOS

1. Considere uma binária visual, cuja órbita aparente é circular e de inclinação zero. Foram determinados: (i) seu período de 8 anos, (ii) sua máxima separação angular de $3''$, (iii) sua distância de 2 pc. **(a)** Calcule a soma das massas das estrelas deste sistema binário. **(b)** Sabendo que, com relação ao centro de massa, a secundária está a uma distância 2 vezes maior que a distância da primária, determine a massa de cada estrela.

Considere o caso das estrelas (1) e (2) que formam uma binária eclipsante. A estrela (1) tem uma temperatura superficial de 20.000K, um raio de $60 R_{\odot}$ e magnitude absoluta $-6,8$ mag. O raio da estrela (2) é $0,3 R_{\odot}$ e sua magnitude absoluta é $0,4$ mag. Calcule: **(a)** a razão de suas luminosidades e **(b)** a razão de suas temperaturas efetivas. **(c)** Qual das estrelas é eclipsada no mínimo primário?

BIBLIOGRAFIA

- Carrel & Ostlie (2007, Cap. 7)
- Karttunen et al. (1997, Cap. 4)
- “Astronomia: Uma Visão Geral” (EDUSP) Cap. 8,9

- [Ver também](#)

<http://slideplayer.com/slide/9211736/>

<http://slideplayer.com/slide/6341032/>

<http://slideplayer.com/slide/6341032/>