

Сразу найдем угол между лучом зрения и плоскостью орбиты планеты $\alpha = 90^\circ - 88,8^\circ = 1,2^\circ$

Известен период обращения планеты $T = 1,4$ дня и радиус его орбиты $a = 3$ мин. км $= 3 \cdot 10^6$ км

Из IIIго закона Кеплера оценим массу звезды:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \quad ; \quad M = \frac{4\pi^2 a^3}{T^2 G} \approx 1,1 \cdot 10^{30} \text{ кг} \approx \boxed{0,6 M_\odot}$$

(!) Предположим, что звезда летит на шальной последовательности (что пока не точно).

Тогда, считая плотность звезд г.п. одинаковой, сравнивая с Солнцем, найдем оценим радиус звезды.

$$m = \rho V = \frac{4\pi}{3} \rho R^3; \quad \frac{M_\star}{M_\odot} = \frac{R_\star^3}{R_\odot^3} \quad ; \quad R_\star = R_\odot \cdot \sqrt[3]{\frac{M_\star}{M_\odot}} \approx 0,82 R_\odot \approx \boxed{0,8 R_\odot}$$

По этим данным можно предположить, что звезда имеет сп. класс K. (но потом это окажется не правдой)

Заметим, что телескоп Spitzer наблюдал на инфракрасной длине волны $4,5 \mu\text{m}$ (разогревая планета будет светить в основном в и.к. диапазоне)

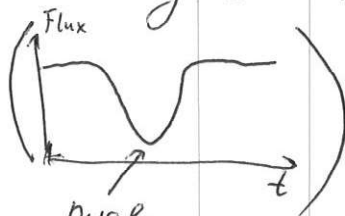
Найдем скорость движения планеты. По графику видно, что затмение шло $T \approx 8$ минут. Так как звезда находится очень далеко, то планета за время τ должна была пройти расстояние $L \approx D_\star + d_{\text{пл}}$ где D_\star - диаметр звезды; $d_{\text{пл}}$ - диаметр планеты



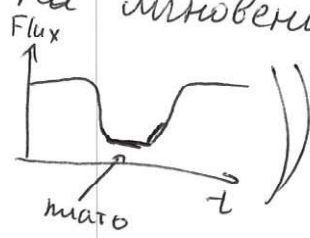
$$v_{\text{ли}} = \sqrt{\frac{GM}{R}} \quad \text{или} \quad v_{\text{ли}} = \frac{2\pi a}{T}$$

В обоих случаях получается скорость $v_{\text{ли}} \approx 160 \frac{\text{км}}{\text{с}}$

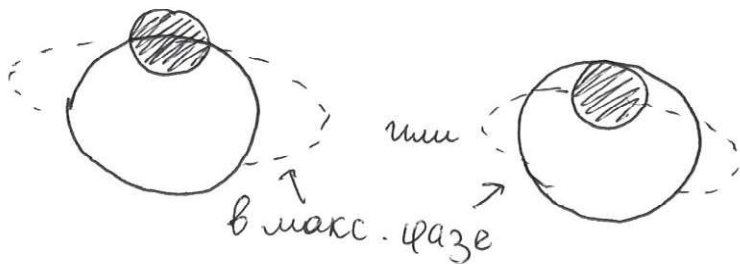
Из графика заметно, что в минимуме потока линия кривой блеска - тавная



Поэтому можно сделать вывод, что планета не полностью зашла на диск звезды (или зашла, но лишь на мгновение) (Иначе бы в минимуме было "матю")

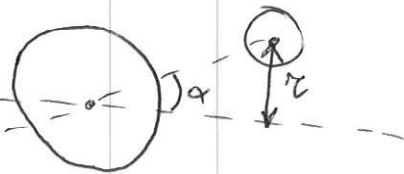


То есть наблюдатель мог видеть прохождение примерно так:



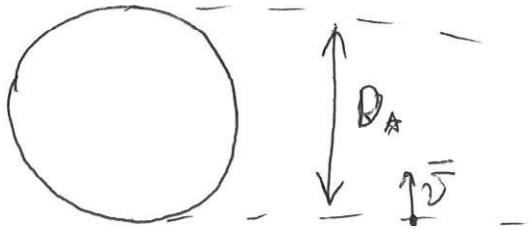
Зная угол наклона $\alpha = 1,2^\circ$ найдем видимое ^{максимальное} расстояние r между центрами звезды и планеты

$$r = a \sin \alpha \approx a \cdot \alpha = 3 \cdot 10^6 \text{ км} \cdot \frac{1,2^\circ}{57,3^\circ/\text{рад}} \approx 0,02a$$



То есть наклоном можно пренебречь. Тогда получается (из двух вышеперечисленных фактов), что радиус планеты сопоставим с радиусом звезды, что есть невозможно для планеты. Так же, в подтверждение это вышесказанного, из графика видно, что падение потока равно 0,6 потока от звезды, поэтому, даже с учетом светимости (от разогрева) планеты заметно, что ее размер сопоставим с размерами звезды.

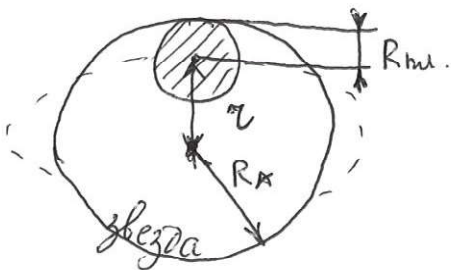
Так же, ещё один момент, опровергающий то, что звезда находится на мал. посл.:



планета за $\tau = 8$ минут (продолж. затмения) пройдёт расстояние $\Delta x = \tau v \approx 76800$ км, что на ~~несколько~~ ^{несколько} порядков ~~меньше~~ ^{меньше} $D_* = 0,6 D_{\odot} \approx 2100000$ км, что на ~~несколько~~ ^{несколько} порядков ~~меньше~~ ^{меньше} $R_{\odot} \approx 700000$ км.

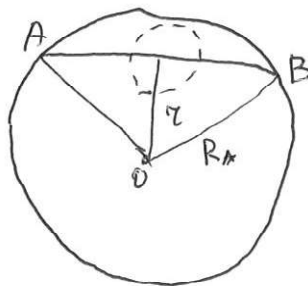
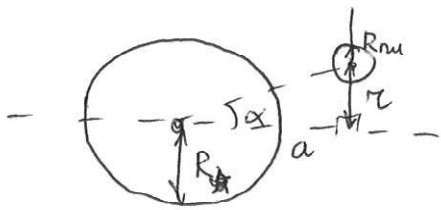
Из этого делаем вывод, что звезда не имеет на 2.п. и не имеет (!) радиус $R_* = 0,6 R_{\odot}$

• Внешний радиус звезды из графика кривой блеска:
Здесь будем считать, что затмение происходило так: (выше сказано почему)



$r \approx ax \approx 60000$ км

Для оценки предположим разогнутостью планеты ($L_m \rightarrow 0$)



Видимый AB - путь планеты

$AB = 2\tau$

$R_* = \sqrt{r^2 + \frac{AB^2}{4}}$

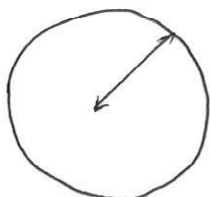
$= \sqrt{(ax)^2 + \frac{v^2 \tau^2}{4}} \approx$

$\approx \sqrt{36 \cdot 10^{14} + 6 \cdot 10^{15}}$ м

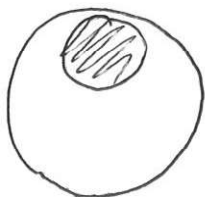
$= \sqrt{96 \cdot 10^{14}}$ м $\approx 10^8$ м $= 10^5$ км

Из рисунка $R_m + r = R_*$; $R_m = R_* - r = (10^5 - 0,6 \cdot 10^5)$ км $= 0,4 \cdot 10^5$ км $= 4 \cdot 10^4$ км

Попробуем оценить радиус планеты из относительного потока



$$R_1 = 1 R_0$$



$$R_2 = 0,45 R_0$$

Считаем, что поток от планеты $\rightarrow 0$

L - светимость \star ;

$$P_1 = \frac{L}{4\pi v^2} \approx \frac{\Delta T_{\star}^4 \cdot 4\pi R_{\star}^2}{4\pi v^2}$$

$$P_2 = \frac{\Delta T_{\star}^4 \cdot 4\pi (R_{\star}^2 - R_{пл}^2)}{4\pi v^2}$$

где v - расстояние до звезды

$$\frac{R_{\star}^2 - R_{пл}^2}{R_{\star}^2} = 0,45$$

$$\frac{R_{пл}^2}{R_{\star}^2} = 0,55$$

$$R_{пл} = R_{\star} \sqrt{0,55} \approx 0,7 R_{\star} = 7 \cdot 10^4 \text{ км}$$

2 полученные значения совпали по порядку, поэтому в качестве ответа возьмем значение радиуса планеты между ними $R_{пл} \approx 5 \cdot 10^4 \text{ км}$

Радиус звезды

$$R_{\star} \approx 10^5 \text{ км} \approx \frac{1}{7} R_0$$

Из полученных значений я могу сделать вывод, что звезда имеет очень малый размер и не имеет главной последовательности, поэтому она является белым карликом (класса $\sim A$), а планета имеет довольно большой размер и расположена на довольно близком к звезде расстоянии (относительно других планетных систем), поэтому вероятно её можно определить в тип „горячих Юпитеров“ - горячих газовых планет, расположенных на близком к звезде расстоянии.

Так как белые карлики — ^{конечный эволюции} продукт маломассивных звезд, то эта планета смогла пережить сброс оболочки своей звездой, поэтому она (планета) очень массивна.

Вероятно из-за сброшенной оболочки планета замедлилась и приблизилась к звезде, а так же поэтому у нее могла появиться газовая оболочка.

Ответ:

Звезда: радиус $(R_* \approx 10^5 \text{ км})$ ($\approx \frac{1}{7} R_{\odot}$)
тип — белый карлик (класса ~A)

Планета: радиус $(R_{\text{пл}} \approx 5 \cdot 10^4 \text{ км})$
тип — газовый гигант (похожий Юпитер)

$$\frac{L_i}{L_0} \approx 0,45$$

$$1,4 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ сек} =$$

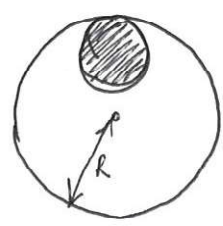
$$= \frac{7}{5} \cdot 24 \cdot 36 \cdot 100$$

$$\begin{array}{r} 24^2 \\ \frac{7}{168} \\ + \frac{168}{36} \\ + \frac{1008}{504} \\ \hline 6048 \end{array}$$

$$M = \frac{4 \cdot 10 \cdot 27 \cdot 10^{27}}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1,44 \cdot 10^{10}}$$

$$= \frac{54}{0,48} \cdot 10^{38} = 112,5 \cdot 10^{38}$$

6400
64000
700000



$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

100000

2,7
15 1,6
 10^5

$$= \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 0,6 \cdot 10^{30} \cdot 2}{3 \cdot 10^9}}$$

$$= \sqrt{\frac{20 \cdot 0,6 \cdot 2 \cdot 10^{10}}{9}}$$

$$1,1 \cdot 10^6 + D = 480 \cdot 160 \text{ км}$$

$$D = 76800$$

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

$$GM = \frac{4\pi^2 a^3}{T^2}$$

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 a^3}{GM}}$$

$$\frac{GM}{4\pi^2 a^3} = \frac{1}{T^2} \approx \frac{10^4}{67,2^2} \approx \frac{10^4 \cdot 3}{700 \cdot 2}$$

$$M = \frac{4\pi^2 a^3}{GT^2}$$

$$= \frac{6048}{120960} \cdot 1,5 \cdot 10^2 \text{ км} = 150 \text{ км}$$

$$1,21 \cdot 10^5 \text{ с}$$

$$m = \frac{1400000}{0,48} = 10^{28} \cdot \frac{54}{0,48} = 10^{30} \cdot \frac{54}{48} \approx 113 \cdot 10^{30} \text{ кг}$$

$$m_1 = \frac{4}{3} \pi R_1^3 \rho$$

$$m_2 = \frac{4}{3} \pi R_2^3 \rho$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3$$

$$18^3 \cdot 8 \cdot 10^4 \cdot 2$$

$$\frac{14 \cdot 24 \cdot 3600}{6 \cdot 3} = \frac{20}{3}$$

$$\frac{2\pi R}{T} = \frac{2 \cdot 8 \cdot 10^4 \text{ км}}{1,4 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с}}$$

$$\frac{10^4}{1,4 \cdot 4 \cdot 12} = \frac{10^4}{67,2} \approx 148,5$$

$$\frac{0,81}{0,9} = 0,9$$

$$\frac{14}{5,6} = 2,5$$

$$\frac{0,512}{0,8} = 0,64$$

$$\frac{3}{24} = \frac{1}{8}$$

$$1100000 \cdot \frac{1,2}{1,2} = 1100000$$

$$+ \frac{48}{16} = 3$$

$$+ \frac{288}{48} = 6$$

$$+ \frac{768}{768} = 1$$

$$R_* = \sqrt[3]{\frac{m_*}{m_0}} \approx 0,82 R_0$$

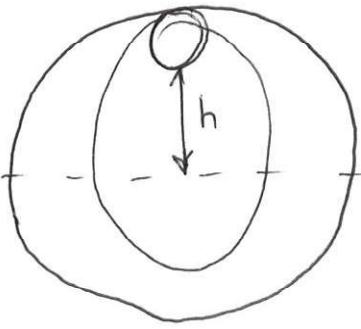
$$\frac{D+D}{v} = 8 \cdot 60 \text{ с}$$

$$144 \cdot \frac{16}{24} = 96$$

$$+ \frac{288}{48} = 6$$

$$77000 \cdot 77000 = 5929 \cdot 10^6 = 5,929 \cdot 10^9$$

$$h = a \cdot \frac{1,2}{57,3} = 0,02 \cdot 3 \cdot 10^6 \text{ mm} = 6 \cdot 10^4 \text{ mm}$$



$$\frac{14000000}{150000000000}$$

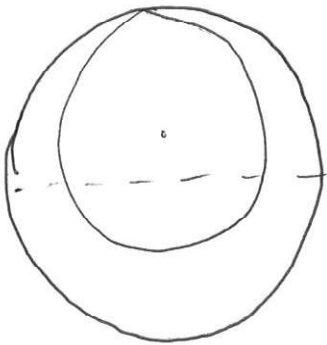
$$\frac{1}{100} \cdot 57,3 = 0,573$$

$$\frac{72}{573} \approx \frac{1}{8} = 0,125$$

$$1 - \frac{r^2}{R^2} = 0,4$$

$$r^2 = 0,6R^2$$

$$r = 0,8R$$



$$= \frac{4 \cdot 10 \cdot 27 \cdot 10^{27}}{1,4^2 \cdot 24^2 \cdot 3600^2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11}} = \frac{108 \cdot 10^{39}}{196 \cdot 576 \cdot 36 \cdot 36 \cdot 10^4 \cdot 20} = \frac{10^{35}}{20 \cdot 8 \cdot 576} = \frac{10^{35}}{92160} \approx \frac{10^{35}}{0,9 \cdot 10^5} = \frac{10}{9} \cdot 10^{30}$$

$$3000000 \cdot 0,02 = 60000$$