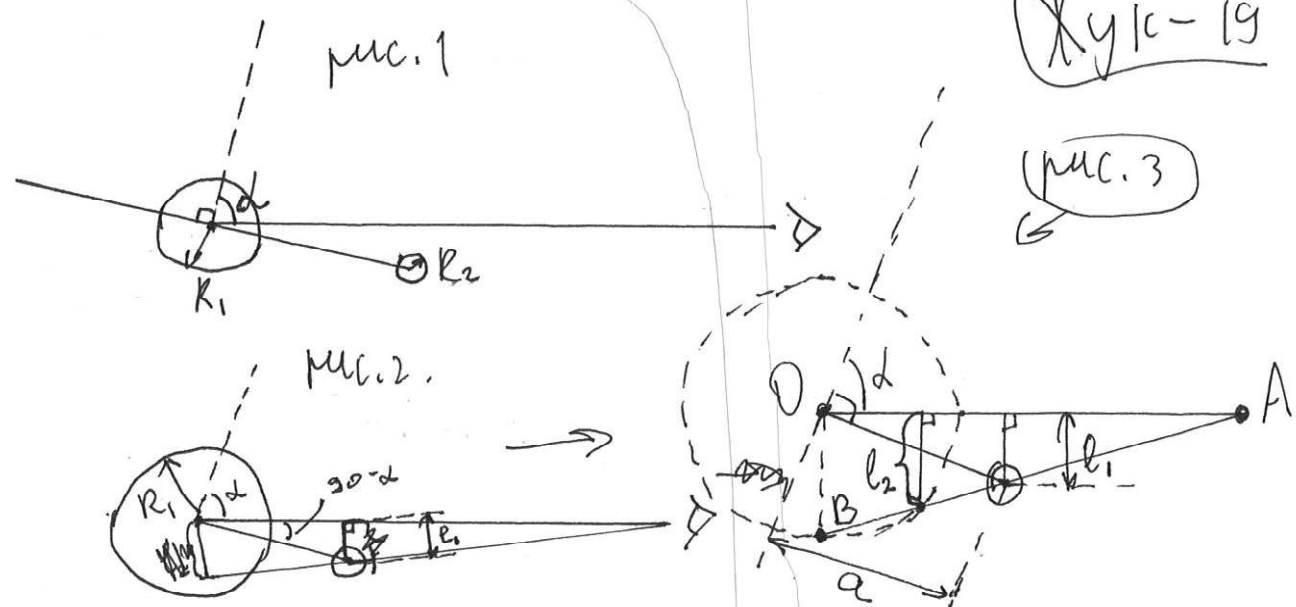
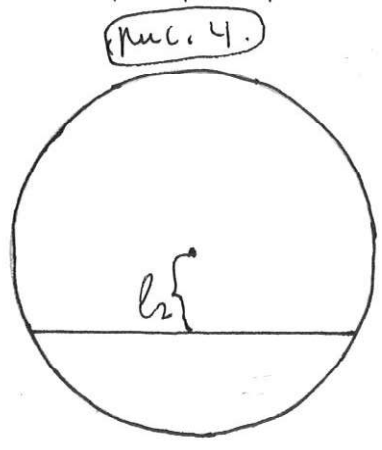


Xy1c-19

Дано:  
 $T = 1,4^d$   
 $a = 3 \cdot 10^6 \text{ км}$   
 $\angle = 88,8^\circ$   
 $R_1 = ? ; R_2 = ?$   
 Тип 1 - ?  
 Тип 2 - ?



Протяженность планеты по диску звезды равна  $t = 8 \text{ мм}$  (ухоже и график), поэтому можно считать, что траектория центра диска планеты по диску звезды — прямая.



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{GM}}, \quad M - \text{масса звезды}$$

$$T_\oplus = 2\pi \sqrt{\frac{a_\oplus^3}{GM_\oplus}}$$

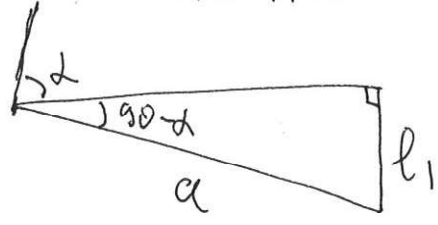
$$\frac{T_\oplus}{T} = \sqrt{\frac{a_\oplus^3 \cdot M}{M_\oplus \cdot a^3}} = \sqrt{\frac{a_\oplus^3}{a^3}} \cdot \sqrt{\frac{M}{M_\oplus}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{M}{M_\oplus} = \frac{T_\oplus^2}{T^2} \cdot \frac{a^3}{a_\oplus^3} = \left(\frac{1,4}{365,25}\right)^2 \cdot \left(\frac{3 \cdot 10^6}{150 \cdot 10^6}\right)^3 =$$

$$= \left(\frac{365,25}{1,4}\right)^2 \cdot \left(\frac{3 \cdot 10^6}{150 \cdot 10^6}\right)^3 = \left(\frac{1}{50}\right)^3 \cdot (260,89)^2 \approx \frac{1}{125000} \cdot 68121 \approx \frac{1}{2}.$$

$$M = 0,5 M_\oplus$$

Рассмотрим рис. 3: т.к. наблюдатель (Т.А) находится далеко  $\Rightarrow AO \parallel AB \Rightarrow l_1 \approx l_2$ ;  $\angle$



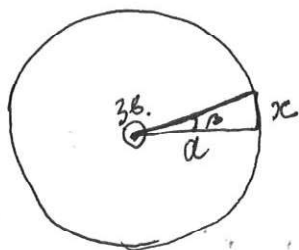
$$\sin(90-\alpha) = \frac{l_1}{a} \Rightarrow l_1 = a \cdot \sin(90-\alpha) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow l_2 = a \cdot \sin(90-\alpha) \approx a \cdot \frac{90-\alpha}{57,3}$$

$$l_2 = a \cdot \frac{90-\alpha}{57,3} \quad , \text{т.к. } 90-\alpha \ll 1 \Rightarrow \sin(90-\alpha) \approx 90-\alpha \text{ (рад)}$$

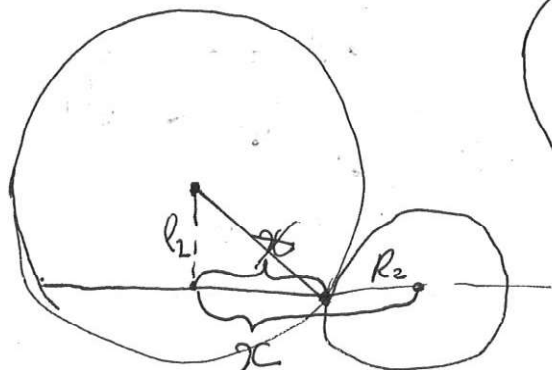
$$l_2 = a \cdot \frac{1,2}{57,3} \approx \frac{1}{47,75} a$$

$$\beta = \frac{t}{2T} \Delta$$



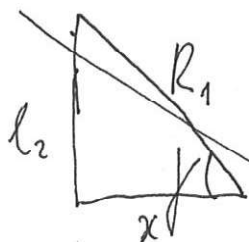
$$\beta = \frac{t/2}{T} \cdot 360^\circ =$$

$$= \frac{4 \text{ мин}}{1,4 \cdot 24 \cdot 60^m} \cdot 360^\circ$$



$$\beta = \frac{4 \cdot 360^\circ}{1,4 \cdot 24 \cdot 60} = \frac{1}{14,4} \cdot 360^\circ = \frac{10^\circ}{14} = \frac{5^\circ}{7}$$

$$x = a \cdot \beta \text{ (рад)} = a \cdot \frac{5^\circ}{7 \cdot 57,3} \approx a \cdot \frac{5}{286,5} \approx \frac{1}{60} a$$



$$\operatorname{tg} f = \frac{l_2}{x}; \quad \sin f = \frac{l_2}{R_1}$$

$$\operatorname{tg} f = \frac{1}{50} \cdot \frac{60}{1} = \frac{6}{5} \Rightarrow \sin f \approx \frac{6}{\sqrt{6^2+5^2}} \approx \frac{6}{7,8}$$

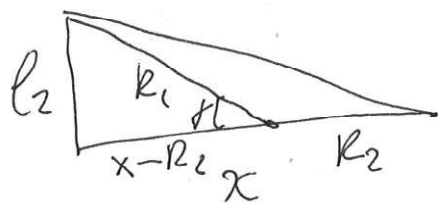
$$\frac{l_2}{R_1} = \frac{6}{7,8} \Rightarrow \frac{a}{50 \cdot R_1} = \frac{6}{7,8} \quad R_1 = \frac{7,8a}{6 \cdot 50} a =$$

$$= 0,026a.$$

$$R_1 = 0,026 \cdot 3 \cdot 10^6 = 7,8 \cdot 10^4 \text{ км}$$

$$R_1 \approx R_\odot, \quad M \approx \frac{1}{2} M_\odot \Rightarrow \text{Звезда похожа на наше}$$

солнце, но чуть более удалено  $\Rightarrow$  относил к классу G1



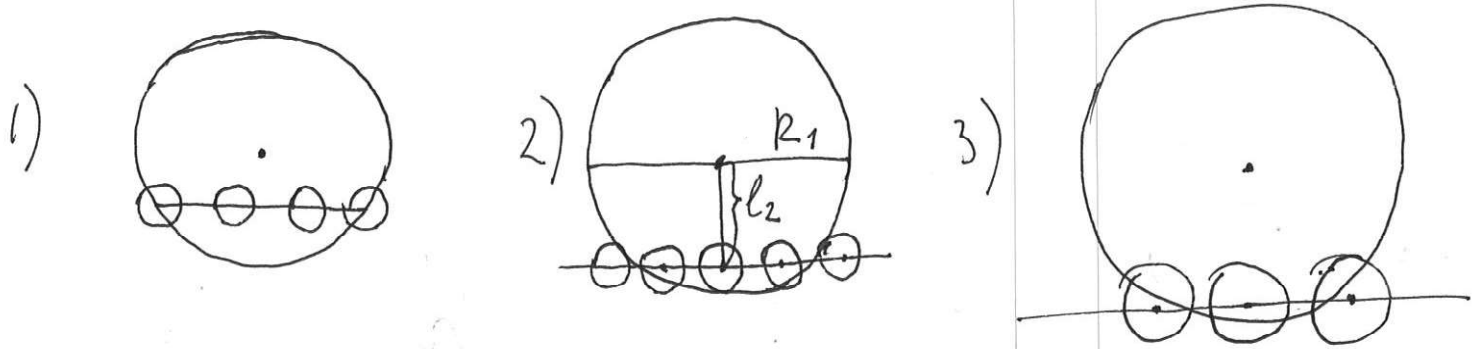
$$\operatorname{tg} f = \frac{l_2}{x - R_2}; \quad \sin f = \frac{l_2}{R_1}$$

Xyk-19 (2/6)

~~П.к. Относительный поток достигает своего максимума & только в одной точке~~

В ~~каком~~ <sup>каком</sup> случае

Может быть 3 случая прохождения планет по диску звезды:



П.к. Относительный поток достигает своего максимума только в одной точке, ~~то~~ значит первый вариант прохождения & не подходит.

Рассмотрим второй случай:

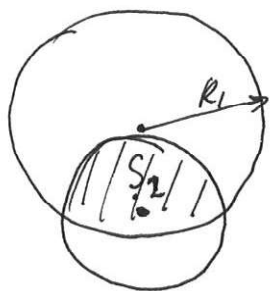
В этом случае нижний край диска <sup>планеты</sup> звезды касается нижнего края диска звезды  $\Rightarrow R_2 = R_1 - l_2$ , в таком случае отношение потоков:  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{\pi R_1^2}{\pi (R_1^2 - R_2^2)}$ , где  $F_1 = 1,00$  (max)  $F_2 = 0,43$  (min)

$$\frac{\pi R_1^2}{\pi (R_1^2 - (R_1 - l_2)^2)} = \frac{(0,026a)^2}{(0,026a)^2 - (0,026a - \frac{1}{50}a)^2} = \frac{0,000676a^2}{0,000676a^2 - 0,0000036a^2} =$$

$$= \frac{676a^2}{676a^2 - 3,6a^2} \approx \frac{676}{676 - 3,6} = 99... \% \Rightarrow (2) \text{ случай тоже не подходит.}$$



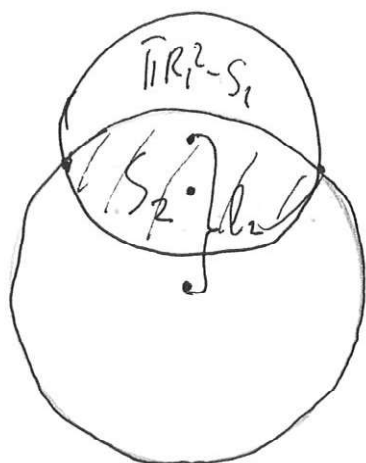
Рассмотрим 3) узыант:



$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{1,0}{0,43} = \frac{\pi R_1^2}{\pi R_1^2 - S_2} = 2,3$$

$$2,3 \pi R_1^2 - 2,3 S_2 = \pi R_1^2$$

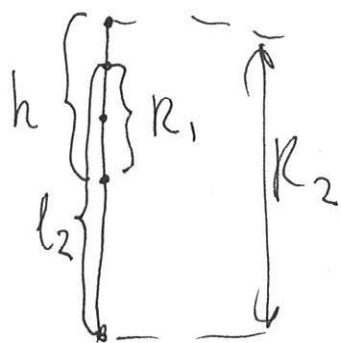
$$S_2 = \frac{1,3 \pi R_1^2}{2,3} = 0,5654 \pi R_1^2$$



$$\frac{2\pi R_1 h}{2\pi R_1^2} = 0,5654$$

$$h = 0,5654 R_1$$

$$R_2 = l_2 - R_1 + h = \frac{1}{50} a - 0,435 R_1$$



$$R_2 = \frac{1}{50} a - 0,435 R_1$$

$$\left\{ \begin{aligned} \operatorname{tg} f &= \frac{l_2}{x - R_2} = \frac{l_2 \frac{1}{50} a}{\frac{1}{50} a - R_2} \end{aligned} \right.$$

$$\frac{1}{2} \sin f = \frac{\frac{1}{50} a}{R_1}$$

Тав уз мисоли y-ни танграли:  $R_1 \approx 7000 \text{ м} \approx \frac{1}{100} R_0$ ;

$$R_2 = \frac{1}{50} a - 0,435 \cdot \frac{1}{100} R_0 = \frac{1}{50} \cdot 3 \cdot 10^5 - 0,435 \cdot \frac{1}{100} \cdot 700000 =$$

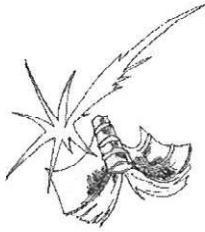
$$= \frac{1}{50} \cdot 3 \cdot 10^5 - 0,435 \cdot \frac{1}{100} \cdot 700000 \approx 57000 \text{ м} \quad | \Rightarrow$$

$\Rightarrow$  Звезда:  $M = 0,5 M_{\odot}$ ;  $R_1 = \frac{1}{100} R_{\odot} \Rightarrow$

$\Rightarrow$  это белый карлик

Планета:  $R = 57000 \text{ км} \Rightarrow$  планета по размеру  
на ~~10~~ метр  $\Rightarrow$  это карликовая планета.





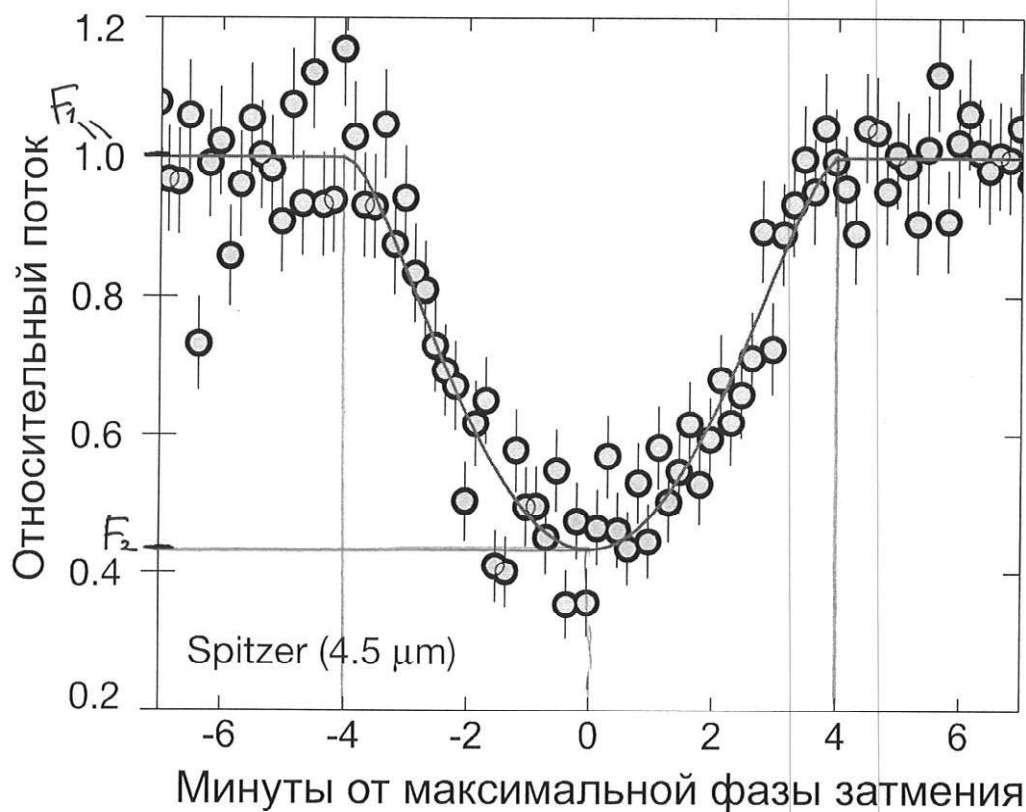
XXVIII Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
практический тур

2021

14  
марта

11 класс

Вам дан график кривой блеска (наблюдения получены на телескопе Spitzer), образованной прохождением планеты по диску звезды Gaia DR2 2146576589564898688. Детальный анализ показал, что данная планета имеет период обращения 1.4 дня при радиусе круговой орбиты 3 млн. км. Угол между лучом зрения и нормалью к плоскости орбиты составляет  $88^\circ.8$ . Исходя из этих параметров, оцените радиусы звезды и планеты, а также определите, к каким типам относятся звезда и планета.



Решения задач и результаты олимпиады будут размещены на сайте

<http://school.astro.spbu.ru>

[Жук-19] 6/6