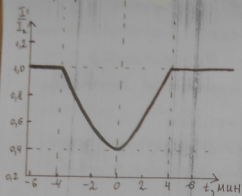


Дим - 9



Решение.

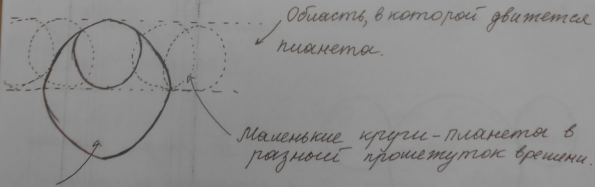
Пусть относительный ток = $-\frac{I_1}{I_2}$ (на графике).

Также на графике показана линия средних значений, которая может быть получена с помощью

метода наименьших квадратов или модулей. Обратимся к линии средних значений.

П.к. линиями выражены явно и отношение $\frac{I_1}{I_2}$ на промежутке времени от -4 мин до 4

мин проходит плавно, почти по параболе, то планета будет проходить по диску звезды таким образом:



Область, в которой движется планета.

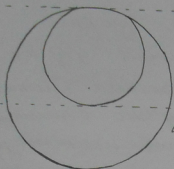
Маленькие круги - планета в разное промежутков времени.

Большой круг - звезда

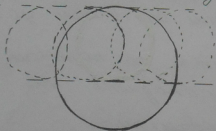
Тогда, учитывая график, который дан в условии задачи, и взаимное расположение планеты и звезды, можно сделать выводы: ①

Δ, им-9

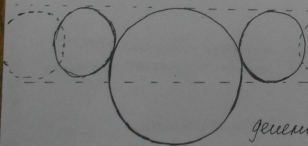
I. Момент, когда планета наиболее сильно перекрывает диск звезды. По графику это происходит в момент времени $t_1 = 0$ мин и относительный поток при этом минимален, то есть: $\frac{I_1}{I_2} = 0,4$.



II - Все моменты, когда планета пересекает диск звезды, проходит в промежутке времени: $-4 \text{ мин} < t < 4 \text{ мин}$, при этом $\frac{I_1}{I_2} \in [0,4; 1)$



III. Момент, когда планета касается диска звезды: $\frac{I_1}{I_2} = 1, \begin{cases} t = -4 \\ t = 4 \end{cases}$



IV. Когда планета не пересекает звезду (выделено пунктиром, как в рисунке) $t < -4; t > 4$

$$\frac{I_1}{I_2} = 1.$$

2

Дим - 9

Тогда, из Гю случая, имеем:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{S_1}{S_0} = \frac{S_0 - S_0}{S_0} = 1 - \frac{S_2}{S_0}$$

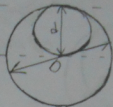
Обозначим:

d - диаметр планеты

D - диаметр звезды

S_0 - площадь звезды:

S_0



S_1 - площадь поверхности звезды, не закрытой планетой, в момент времени $t=0$:

S_2 - площадь планеты:



$$S_0 = \frac{\pi D^2}{4}; \quad S_2 = \frac{\pi d^2}{4}, \quad \text{тогда:}$$

$$\frac{I_1}{I_0} = 1 - \frac{S_2}{S_0} = 1 - \frac{\pi d^2/4}{\pi D^2/4} = 1 - \frac{d^2}{D^2}$$

По графику: $\frac{I_1}{I_2} = 0,4 \quad | \Rightarrow \quad 0,4 = 1 - \frac{d^2}{D^2} | \Rightarrow$

$$\frac{d^2}{D^2} = 0,6, \quad \text{тогда:}$$

$$\frac{d}{D} = \sqrt{0,6} \approx 0,8 \quad | \Rightarrow \quad d = 0,8D \quad \text{или} \quad r = 0,8R,$$

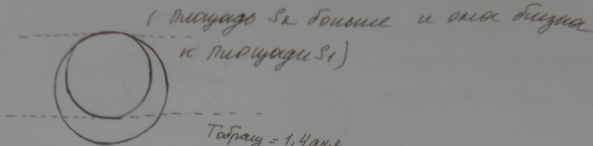
где r - радиус планеты

R - радиус звезды.

П.к. минимальное отношение $\frac{I_1}{I_0}$ маленькое, и диаметр планеты близок к диаметру звезды, можно сделать вывод, что планета и звезда находится на небольшом рассто- (3)

Δ, и м-э.

эти друг от друга, то есть первоначально наша картинка донима была вышадеть так:

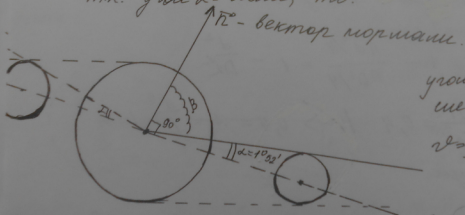


$T_{\text{оборота}} = 1,4 \text{ дня}$

$R_{\text{орб}} = 3 \text{ а. е.} = 3 \cdot 10^8 \text{ км}$

$\beta = 88^\circ 8'$ (угол между лучом зрения и нормалью к плоскости орбиты),

тогда $\alpha = 90^\circ - 88^\circ 8' = 1^\circ 52' \approx 2^\circ$, т.к. угол α мал, то:



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

$$v = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ км}}{1,4 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с}} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ км}}{1,4 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с}} = \frac{1,4 \cdot 10^4 \text{ км}}{12 \cdot 8 \text{ с}}$$

$$= \frac{14 \cdot 10^3 \text{ км}}{96 \text{ с}} = \frac{1 \text{ км}}{7 \text{ с}} \cdot 10^3 = 0,1 \cdot 10^3 = 100 \text{ км/с}$$

$S = v \cdot t$, где S - путь, который прошла планета, пересекая звезду, t - время, которое планета пересекает звезду.

$$t = 4 - (-4) = 8 \text{ мин} = 8 \cdot 60 \text{ с} = 480 \text{ с}$$

(данные с графика)

Дим - 9

$$\begin{cases} S = d + D \\ S = t \cdot v \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} S = 0,8D + D \\ S = t \cdot v \end{cases} \rightarrow 1,8D = t \cdot v$$

$$1,8D = 480 \text{ с} \cdot 100 \text{ км/с}$$

$$1,8D = 48 \cdot 10^4 \text{ км}$$

$$D = \frac{48}{1,8} \cdot 10^4 \text{ км} = 26 \cdot 10^4 \text{ км} = 2,6 \cdot 10^5 \text{ км} \text{ - диаметр звезды.}$$

$$d = 0,8 \cdot 2,6 \cdot 10^5 \text{ км} = 2 \cdot 10^5 \text{ км}$$

$$\text{ме-но } R = 1,3 \cdot 10^5 \text{ км}; \quad r = 1 \cdot 10^5 \text{ км}$$

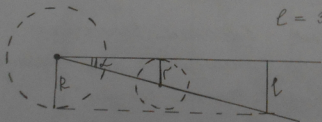
П.к. угол не учитывался, то найдем значение D и d , а значит и R , и r с учетом угла.

$$l = R \sin \alpha = R \sin \alpha \cdot d$$

$$l = 3 \cdot 10^6 \cdot 2^\circ = 3 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{120} \text{ рад} =$$

$$= \frac{10^6}{40} \text{ км} = \frac{10^5}{4} \text{ км} =$$

$$= 2,5 \cdot 10^4 \text{ км}$$



$$l = R - r = 0,2R \text{ (1R - 0,8R)}$$

$$0,2R = 2,5 \cdot 10^4 \text{ км} / \times 10$$

$$2R = D = 2,5 \cdot 10^5 \text{ км} \Rightarrow R \approx 1,2 \cdot 10^5 \text{ км}$$

$$r = 0,8 \cdot 1,2 \cdot 10^5 \text{ км} = 9,6 \cdot 10^4 \text{ км} \approx 10^5 \text{ км}$$

После двух разных вариантов расчетов, действительно видно, что радиус звезды и радиус планеты близки по значению. По тому варианту нахождения:

(5)

Д.ИМ-9. $R = 1,2 \cdot 10^5 \text{ км}$, $r = 1 \cdot 10^5 \text{ км}$. По второму варианту для нахождения радиусов планеты и звезды, с учетом угла, получаем: $R = 1,2 \cdot 10^5 \text{ км}$
 $r = 1 \cdot 10^5 \text{ км}$.

Итогами будем считать значения

$$R = 1,2 \cdot 10^5 \text{ км}$$

$$r = 10^5 \text{ км}$$

Так, еще раз отметим, что R и r - близки по значению и, как ранее говорилось, что планета и звезда находятся на небольшом расстоянии друг от друга. $R_{\text{звезда}} = 1,2 \cdot 10^5 \text{ км}$, звезда - карлик. Скорее всего эта звезда красный или коричневый карлик (по радиусу). Планета, по радиусу, близка к планетам земной группы, но $r = 1,49 \cdot 10^8 \text{ км}$, т.к. она близко расположена к звезде, то ее температура очень высокая, возможно это планета, которая относится к такому виду, который называют "горячий Сатурн".

Ответ: $R_{\text{звезда}} = 1,2 \cdot 10^5 \text{ км}$.

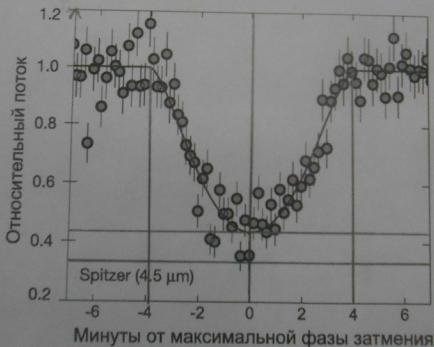
$r_{\text{планета}} = 10^5 \text{ км}$.

Звезда - красный или коричневый карлик
Планета - почти с планетами земной группы, обладает высокой температурой на всей своей поверхности, возможно относится к виду экзопланет, которые называют: "горячий Сатурн".



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 относится звезда и планета.



Решения задач и результаты олимпиады будут размещены на сайте

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