

лист 1

Бел-13  
11 класс

$$i = 88,8^\circ$$

$$T = 1,4$$

$$a = 3 \cdot 10^6 \text{ км}$$

M - масса звезды  
m - масса планеты

1) по III закону Кеплера:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4 \cdot \pi^2}{G(M+m)}$$

Т.к.  $M \gg m$ , то

$$m + M \approx M$$

следовательно:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4 \cdot \pi^2}{G \cdot M}$$

$$M = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot a^3}{G \cdot T^2}$$

$$M = \frac{4 \cdot 3^2 \cdot (3 \cdot 10^9 \text{ м})^3}{10^{-11} \cdot 6,7 \cdot \frac{4 \cdot \text{м}^2}{\text{кг} \cdot \text{с}^2} \cdot (1,4 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ с})^2}$$

$$M = \frac{4 \cdot 9 \cdot 27 \cdot 10^{27} \text{ кг}}{6,7 \cdot (14 \cdot 24 \cdot 36)^2 \cdot 10^{-11} \cdot 10^2}$$

$$M = \frac{2^2 \cdot 3^5}{6,7 \cdot 2^2 \cdot 3^6 \cdot (7 \cdot 8 \cdot 4)^2} \cdot 10^{27+11-2} \text{ кг}$$

$$M = \frac{10^{36}}{6,7 \cdot 3 \cdot 49 \cdot 64 \cdot 16} \text{ кг}$$

приближенные вычисления:

$$M = \frac{10^{36}}{6,7 \cdot 3 \cdot 50 \cdot 65 \cdot 16} \text{ кг}$$

$$M = \frac{10^{34}}{6,7 \cdot 3 \cdot 65 \cdot 8} \text{ кг} = \frac{10^{33}}{6,7 \cdot 3 \cdot 13 \cdot 4} \text{ кг}$$

$$6,7 \cdot 12 \cdot 13 = 6,7 \cdot (130 + 26) = 6,7 \cdot 156 \approx 10^3$$

$$M = 10^{30} \text{ кг}$$

$$\begin{array}{r}
 156 \\
 \times 6,7 \\
 \hline
 1092 \\
 +936 \\
 \hline
 1045,2
 \end{array}$$

2) найдем скорость движения планеты по орбите:

$$2 \cdot \pi \cdot a = v \cdot T$$

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot a}{T}$$

$$7,045 = 3,15 \approx \pi$$

$$v = \frac{2 \cdot 3,15 \cdot 3 \cdot 10^9 \text{ м}}{1,4 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ с}}$$

~~$$R_0 = R$$~~

$$v = \frac{2 \cdot 0,45 \cdot 3 \cdot 10^7 \text{ м}}{0,2 \cdot 24 \cdot 36 \text{ с}}$$

$$R_0 = 6400 \text{ км}$$

$$v = \frac{45 \cdot 3 \cdot 10^4 \text{ км}}{20 \cdot 12 \cdot 36 \text{ с}}$$

$$v = \frac{45 \cdot 10^3 \text{ км}}{2 \cdot 12 \cdot 12 \text{ с}}$$

$$v = \frac{450}{288} \cdot 10^2 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

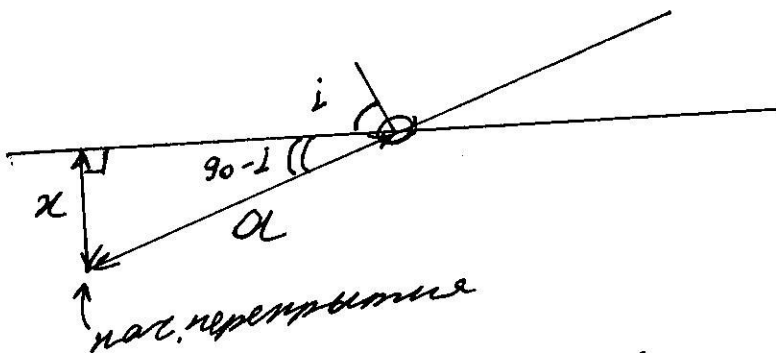
$$v = 156 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$$\begin{array}{r} 45000 \text{ } 288 \\ - 288 \phantom{00} \\ \hline 1620 \phantom{00} \\ - 1440 \phantom{00} \\ \hline 1800 \phantom{00} \\ - 1728 \phantom{00} \\ \hline 720 \end{array}$$

Время от начала перекрытия до середины из траектории:

$$t = 4 \text{ мин}$$

Вид орбиты планеты со стороны узла:



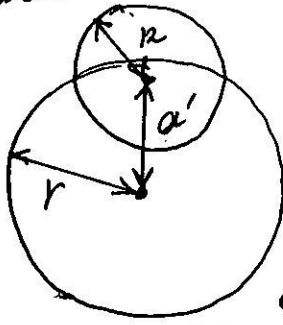
$$\sin(90-i) = \frac{x}{a}$$

$$x = a \cdot \cos i$$

$$x = 3 \cdot 10^9 \text{ м} \cdot \sin(90^\circ - 8,8^\circ)$$

$$x = 3 \cdot 10^9 \text{ м} \cdot \sin(1,2^\circ)$$

Т.к.  $1,2^\circ$  это малый угол, то



$r$  - радиус планеты

$R$  - радиус звезды

~~$R_0$  - радиус земли~~

Характерные размеры  
больших карликов достигают

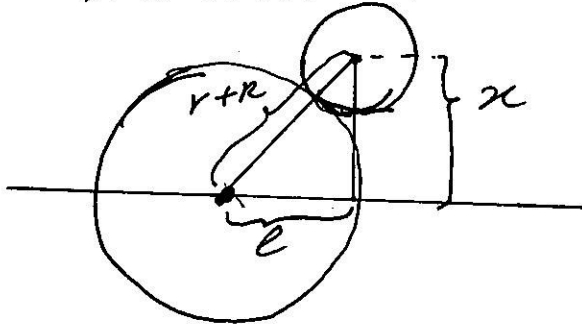
от  $2 R_{\odot}$ , что в 5 раз меньше  
расстояния между

Значит мы можем воспользоваться  
предположением, что верхний край  
планеты находится примерно на  
уровне центра звезды, тогда:

$$r \approx \pi$$

$$r = 9,4 R_{\odot}$$

рассмотрим момент начала  
перекрытия:



Теорема Пифагора

$$(R+r)^2 = x^2 + l^2$$

~~$$(R+r)^2 = 9,4^2 R_{\odot}^2 + l^2$$~~

$$(R+x)^2 = x^2 + l^2$$

~~$$R^2 + 2x \cdot R + x^2 = x^2 + l^2$$~~

$$(R+x)^2 = (9,4 \cdot R_{\odot})^2 + (5,9 R_{\odot})^2$$

$$(R+x)^2 = 88,36 R_{\odot}^2 + 34,81 R_{\odot}^2 = 123,17 R_{\odot}^2$$

$$R + 9,4 R_{\odot} = 11,1 R_{\odot}$$

$$R = 1,7 R_{\odot}$$

$\begin{array}{r} 9,4 \\ \times 9,4 \\ \hline 376 \\ 846 \\ \hline 88,36 \end{array}$	$\begin{array}{r} 5,9 \\ \times 5,9 \\ \hline 531 \\ 295 \\ \hline 34,81 \end{array}$
$\begin{array}{r} 88,36 \\ + 34,81 \\ \hline 123,17 \end{array}$	

шпт 5

Бел-13

11 класс

Планета имеет большой радиус  
и расположена на ~~не~~ малом  
расстоянии от звезды, следова-  
тельно планета является газо-  
вым гигантом - Горячим Нептуном

Ответ: звезда:  $R = 1,7 R_{\odot}$  Белый карлик  
планета:  $r = 9,4 R_{\oplus}$  Горячий Нептун  
Газовый гигант

$$\sin(1,2^\circ) \approx \frac{1,2 \cdot 2 \cdot 3}{360} = \frac{2}{100} \quad \text{милл} \quad \pi \approx 3$$

Бэт 13  
11 класс

$$x = \frac{3 \cdot 10^9 \text{ м} \cdot 2}{100}$$

$$x = 60000 \text{ км} = \frac{600}{64} R_{\oplus} = \frac{150}{16} R_{\oplus} = 9,4 R_{\oplus}$$
 ~~$x = 100 R_{\oplus}$~~

Относительный поток пропорционален видимой площади звезды, значит, что & при минимальной относительном потоке  $\approx 0,45$  звезда закрыта планетой примерно наполовину.

Т.к. расстояние между звездой и планетой пренебрежимо мало в сравнении с расстоянием от звезды до системы, то ~~можно~~ можно рассматривать как наложение одного круга на другой:

$l$  - расстояние, которое прошла планета от нач до середины затмения

$$l = v \cdot t = 156 \frac{\text{км}}{\text{с}} \cdot 4 \cdot 60 \text{ с}$$

$$l = \frac{3744}{6400} R_{\oplus} = \frac{936}{1600} R_{\oplus}$$

$$\begin{array}{r} \times 156 \\ 24 \\ \hline 624 \\ 312 \\ \hline 3744 \end{array}$$

$$l = \frac{234}{400} R_{\oplus} = 0,5 R_{\oplus} + \frac{34}{400} R_{\oplus} = 0,585 R_{\oplus}$$

то, что планета закрывает пол звезды говорит о том, что её радиус сопоставим с величиной  $l$ . Такой большой массой и маленькой радиусом обладают белые карлики. Нейтронная звезда не подходит т.к. масса звезды  $M < 1,4 M_{\odot}$