1) Найдём период системы Т.к ~~[illegible]~~

Для более точных вычислений ~~найдём~~ получим из графика время (T_n), за которое система совершит n оборотов, T_n, ~~[illegible]~~ Тогда: $T=\frac{T_n}{n}$

$n=4$, из графика $T_n=(2,5+0,3+0,05)^d = 2,85^d$

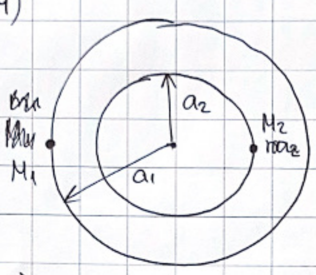
$T=\frac{2,85^d}{4} = 0,7^d+\frac{0,05^d}{4} \approx 0,71^d$

2) Заметим, что линия, проведённая через точки пересечения двух графиков (параллельная оси абсцисс), не проходит через 0 $\Rightarrow$ система имеет собственную лучевую скорость и надо считать лучевые скорости звёзд относительно этой прямой. ~~Как сама луч. скорость системы, так и лучевые скорости звёзд максимумы луч. скорост. звёзд на графике проходят не точно через деления оси скоростей, но они смещены все на одинак величину и тогда с хорошей точностью можно считать лучевые скор. компонент (отн. системы) как целое число делений~~ Пусть 1 и 2 – звёзда с пунктир. линией на графике и со сплошной соответственно. υ_r – луч. скорость системы. Из графика:

$\upsilon_{1r}=28\frac{км}{с}$; $\upsilon_{2r}=23\frac{км}{с}$; $\upsilon_r \approx 7\frac{км}{с}$

3) Т.к. графики симметричны отн. прямой луч. скорости системы, то обе звёзды движутся по круговым орбитам.

4)



Для двойной системы можно записать III з-н Кеплера (расширенный):

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{G(M_1+M_2)} \cdot (a_1+a_2)^3$$

5) v_1 и v_2 – круговые скорости звёзд

$2\pi a_1 = v_1 T \Rightarrow a_1 = \frac{v_1 T}{2\pi}$

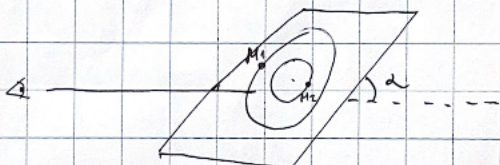
$2\pi a_2 = v_2 T \Rightarrow a_2 = \frac{v_2 T}{2\pi}$

подставим это в формулу из п.4

6) $$\cancel{T^2} = \frac{4\pi^2}{G(M_1+M_2)} \cdot \frac{T^3}{(2\pi)^3} \cdot (v_1+v_2)^3$$

$$M_1+M_2 = \frac{T(v_1+v_2)^3}{2G\pi}$$

7)



Для наблюдателя из-за угла наклона лучевые скорости не соответств. круговым скоростям компонент

$v_{1r} = v_1 \cos\alpha$; $v_{2r} = v_2 \cos\alpha$

$$M_1+M_2 = \frac{T(v_{1r}+v_{2r})^3}{2\pi G \cdot \cos^3\alpha}$$

Посчитаем фиктивную массу $M' = (M_1+M_2)\cos^3\alpha$

8) $$M' = \frac{T(\upsilon_{1r}+\upsilon_{2r})^3}{2\pi G} = \frac{0{,}71^d \cdot 86400^s \cdot (23+28\,\frac{км}{с})^3}{2\cdot 3{,}14\cdot 6{,}67\cdot 10^{-11}\,\frac{Н\cdot м^2}{кг^2}} =$$

$$= \frac{61344^s \cdot 125\cdot 10^{12}\,\frac{м^3}{с^3}\cdot 10^{11}}{6{,}3\cdot 6{,}67\,\frac{Н\cdot м^2}{кг^2}} = \frac{61344\cdot 125}{42}\,10^{23}\,кг \approx 3\cdot 61344\cdot 10^{23}\,кг$$

$$= 184032\cdot 10^{23}\,кг = 1{,}84\cdot 10^{28}\,кг$$

$864 \times 71 = 61344$ $\quad (51\,\frac{км}{с})^3 \approx 125000\,\frac{км^3}{с^3} = 125\cdot 10^{12}\,\frac{м^3}{с^3}$

$6{,}67 \times 6{,}3 = 42{,}021$ $\quad 61344 \times 3 = 184032$

9) $$M_1\cos^3\alpha\, a_1 = M_2\cos^3\alpha\, a_2 \Rightarrow M_2 = M_1\cdot\frac{a_1}{a_2}$$

$\frac{a_1}{a_2} = \frac{\upsilon_1}{\upsilon_2}$, т.к. T – одинаковый

$$M' = (M_1+M_2)\cos^3\alpha = M_2\left(1+\frac{a_1}{a_2}\right)\cos^3\alpha$$

M_1' и M_2' – фиктивные массы звёзд

$M_1' = M_1\cos^3\alpha$; $M_2' = M_2\cdot\cos^3\alpha$

$$M_2' = \frac{M'}{1+\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2}} = \frac{1{,}84\cdot 10^{28}\,кг}{\frac{23\frac{км}{с}+28\frac{км}{с}}{23\frac{км}{с}}} = \frac{1{,}84\cdot 10^{28}}{2{,}2} = 8{,}3\cdot 10^{27}\,кг$$

$M_1' = 8{,}3\cdot 10^{27}\,кг\cdot\frac{28}{23} \approx 1{,}2\cdot 8{,}3\cdot 10^{27} \approx 1\cdot 10^{28}\,кг$

$51 : 23 = 2{,}21\ldots$ $\quad 1{,}84 : 2{,}2 = 0{,}83\ldots$ $\quad 28 : 23 = 1{,}21\ldots$ $\quad 8{,}3 \times 1{,}2 = 9{,}96$

Как видно, фикт. масса звезды отличается от массы Юпитера $\approx$ в 5 раз. Однако минимальная возможная масса звезды считается порядка 75 масс Юпитера. Поэтому будем считать, что существенный вклад в такую маленькую массу внёс $\cos^3\alpha$.

10) Посчитаем луч. скорость на экваторе каждой звезды U_{1r} и U_{2r}:

$\frac{U_{1r}}{C} = \frac{\Delta\lambda_1}{\lambda}$; $\frac{U_{2r}}{C} = \frac{\Delta\lambda_2}{\lambda}$; C – скор. света;

$\Delta\lambda_1 = 0,34 \mathring{A}$

$\Delta\lambda_2 = 0,36 \mathring{A}$

$U_{1r} = \frac{3{,}4 \cdot 10^{-11} м}{2314 \cdot 10^{-10} м} \cdot 3 \cdot 10^5 \frac{км}{с} = 1{,}4 \cdot 3 \frac{км}{с} = 4{,}2 \frac{км}{с}$

$U_{2r} \approx 4{,}2 \cdot \frac{18}{17} \approx 4{,}4 \frac{км}{с}$

Как видно, ~~проекция~~ лучевая скорость на экваторе звезды не сильно отличается от скорости на экваторе Солнца ($\approx 2 \frac{км}{с}$), но за счёт cos i она, возможно, ~~больше~~ ещё больше, (т.е. реальная скорость на экваторе звезды U_1 и U_2, а мы видим лишь $U_{1r} = U_1 \cdot \cos i$ и $U_{2r} = U_2 \cdot \cos i$) ($\cos i \leq 1$). Также, по условию ускор. св. пад на пов-ти звёзд $g = 3 \cdot 10^3 \frac{м}{с^2}$, а на Солнце $g_\odot = \frac{G \cdot M_\odot}{R_\odot^2} = \frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \cdot 10^{30}}{(7 \cdot 10^8)^2} \frac{м}{с^2} = \frac{6{,}67 \cdot 2 \cdot 10^3}{49} \frac{м}{с^2} = \frac{6{,}67}{25} \cdot 10^3 \frac{м}{с^2} \approx 251 \frac{м}{с^2}$

Посчитаем фиктивный радиус звезды

$R_1' = \cos i \cdot R_1$

$g = \frac{G \cdot M_1'}{R_1'^2}$; $R_1' = \sqrt{\frac{G M_1'}{g}} = \sqrt{\frac{6{,}67 \cdot 8{,}3 \cdot 10^{27} \cdot 10^{-11}}{3000 \cdot 10^3}}$ м

получается, что $R_1' \sim \sqrt{10^{28} \cdot 10^{-14}}$ м $\sim 10^7$ м, а $R_\odot = 700000$ км $= 7 \cdot 10^8$ м, т.е радиус звезды скорее всего меньше или равен солнечному

(скорее всего, т.к. опять же $\cos i$)

~~Отсюда можно сделать вывод, что звезда более плотная, чем~~

Аналогично можно „прикинуть" R_2', и получится, что и x ~~на тако~~ такой же порядок радиуса, т.к. M_1' от M_2' не сильно отличается.

Отсюда можно сделать вывод, что компоненты этой системы более плотные чем Солнце (и радиус их меньше, и скорость на экваторе больше скорости экватора Солнца, (и, следствие этого, период вращения вокруг своей оси ~~больший~~ меньший и угл. скор. большая) => ~~возможно~~ спектр. класс этих звёзд относится к более холодным, чем Солнце, т.е., скорее всего, $\boxed{\text{спектр. класс этих звёзд K или M}}$

~~Рассмотрим~~

11) Рассмотрим крайний случай, когда масса более лёгкой компоненты $\approx 75\, M_{Ю}$, т.е. $\approx 1{,}4 \cdot 10^{29}$ кг.

Тогда $M_1' = 1{,}4 \cdot 10^{29}$ кг $= \frac{M_1'}{\cos^3 i} \Rightarrow \cos^3 i = \frac{8{,}3 \cdot 10^{27}}{1{,}4 \cdot 10^{29}} \approx 0{,}059$

$4^3 = 64 \Rightarrow 3{,}9^3 \approx 59 \Rightarrow \cos i = 0{,}39$

$83 \mid 14$, -70, 130, -126, 4 → $5{,}9$

~~С помощью транспортира~~ ~~Построим прямоуг. треуг. со отношением катета и гипотенузе 0,39:~~

$0{,}4^2 = 0{,}16$

$1 - 0{,}16 = 0{,}84$

$9^2 = 81$

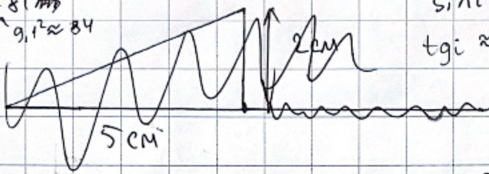
$9{,}1^2 \approx 84$

$\operatorname{tg} i = \frac{\sin i}{\cos i}$ $\sqrt{0{,}84} \approx 0{,}91$

$\sin i = \sqrt{1-\cos^2 i} \approx 0{,}91$

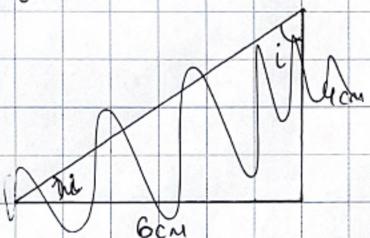
$\operatorname{tg} i \approx \frac{0{,}91}{0{,}4} = 2{,}2$

$i = \operatorname{arctg}(2{,}2)$

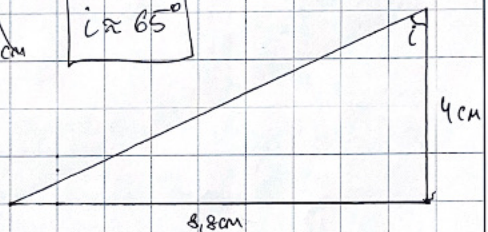


Построим прямоуг. треуг. с катетами с отношением $\operatorname{tg} i = 2{,}2$:

Транспортиром измерим i



$\boxed{i \approx 65^\circ}$



$$\boxed{\begin{aligned} M_1 &\approx 1{,}4 \cdot 10^{29} \text{ кг} \\ M_2 &\approx M_1 \cdot 1{,}2 \approx 1{,}7 \cdot 10^{29} \text{ кг} \end{aligned}}$$

$1{,}4 \cdot 1{,}2 = 1{,}68$

$T^2 = \frac{4\pi^2}{G(M_1+M_2)} a^3$; $a = \sqrt[3]{\frac{G(M_1+M_2)T^2}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 3{,}1 \cdot 10^{29} \cdot T^2}{4}} =$

$\pi^2 \approx 10$

$= \sqrt[3]{1{,}7 \cdot 3 \cdot 10^{39} \cdot (0{,}71 \cdot 86400)^2} \text{ м} = \sqrt[3]{5{,}1 \cdot 61344^2 \cdot 10^{13}} \text{ м}$

$61344^2 \approx 37 \cdot 10^8$

$6^2 = 36$

$6{,}1^2 \approx 37$

$a = \sqrt[3]{37 \cdot 5{,}1 \cdot 10^{21}} \text{ м} \approx \sqrt[3]{185 \cdot 10^{21}} \text{ м} =$

$\approx 5{,}8 \cdot 10^8 \text{ м}$

$\approx 5{,}80000 \text{ км}$

$2^3 = 8$

$3^3 = 27$

$2{,}5^3 \approx 18{,}5$

$\sqrt[3]{185} =$

$5^3 = 125$

$6^3 = 216$

$5{,}8^3 \approx 185$

$\boxed{a = 5{,}8 \cdot 10^5 \text{ км}}$

Ещё раз скажу, что здесь $\cos i$ рассматривается на границе значений и массы и расстояние между звёздами могут различаться.