

№1.

Лугевая скорость в данный момент ~~равна 0~~ равна 0, значит, скорость звезды равна ее тангенциальной скорости и  $\perp$  лучу зрения.



Найдём тангенциальную скорость звезды:  
 $v_t = 4,74 \cdot \frac{\mu''}{\pi''}$ , где  $\mu$  - собственное движение звезды,  $\pi$  - ее параллакс, который определим, зная расстояние до звезды:

$$\pi'' = 206265'' \cdot \frac{1 \text{ ае}}{e} = 206265'' \frac{1 \text{ ае}}{30 \cdot 206265 \text{ ае}} = \frac{1}{30}'' \text{ Отсюда:}$$

$v = v_t = 4,74 \cdot \frac{0,5''/\text{год}}{1/30''} = 4,74 \cdot 0,5 \cdot 30 = 71,1 \text{ км/с}$ . Тогда за 100 лет звезда пролетит  $v t = 71 \frac{\text{км}}{\text{с}} \cdot 100 \text{ лет} \approx 71 \frac{\text{км}}{\text{с}} \cdot 100 \cdot 3,16 \cdot 10^7 \text{ с} \approx 225 \cdot 10^9 \text{ км} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ ае} \approx \frac{1,5 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5} \text{ пк} = 0,75 \cdot 10^{-2} \text{ пк}$ . Тогда по т. Пифагора определим  $L$ :

$$L: L = \sqrt{e^2 + (vt)^2} = \sqrt{30 \text{ пк}^2 + (0,75 \cdot 10^{-2} \text{ пк})^2} \approx 30 \text{ пк. и отсюда угол } \alpha \text{ (см. рис):}$$

$$\cos \alpha = \frac{vt}{L} = \frac{0,75 \cdot 10^{-2}}{30 \text{ пк}} = 0,25 \cdot 10^{-3}$$

Лугевая скорость звезды станет  $v_n$ , найдем ее:

$$\cos \alpha = \frac{v_n}{v} \Rightarrow v_n = v \cos \alpha = 71,1 \frac{\text{км}}{\text{с}} \cdot 0,25 \cdot 10^{-3} \approx 18 \cdot 10^{-3} \text{ км/с}$$

Пусть  $\Delta \lambda$  - смещение линий спектра вследствие эффекта Доплера,  $\lambda$  - длина волны, на которой ведется наблюдение (т.к. оно ведется в оптическом диапазоне, возьмем  $\lambda = 550 \text{ нм}$ ),  $c$  - скорость света; тогда

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{v_n}{c} \Rightarrow \frac{\Delta \lambda}{550 \cdot 10^{-9} \text{ м}} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \text{ км/с}}{30000 \text{ км/с}} = 6 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-5} = 6 \cdot 10^{-8} \Rightarrow$$

$$\Delta \lambda = \lambda \cdot 6 \cdot 10^{-8} = 550 \cdot 10^{-9} \cdot 6 \cdot 10^{-8} = 3300 \cdot 10^{-17} \text{ м} = 0,33 \cdot 10^{-13} \text{ м}$$

Точность спектрометра по условию  $0,1 \text{ \AA} = 0,1 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 10^{-11} \text{ м}$ .

Заметим, что  $0,33 \cdot 10^{-13} \text{ м} < 10^{-11} \text{ м}$  - точности спектрометра  $\Rightarrow$  обнаружить лугевую скорость звезды не удастся и через 100 лет.

По формуле Торсона  $\frac{L}{L_0} = 2,512 \frac{M}{M_0}$ , где  $L$  и  $L_0$  - светимости звезды и Солнца соответственно, а  $M$  и  $M_0$  - их абсолютные звездные величины  $\Rightarrow \frac{L}{L_0} = 2,512^{4,8 - (-0,6)} = 2,512^{5,4}$  Известно, что для звезды в главной последовательности  $L \sim M^4 \Rightarrow \sqrt[4]{\frac{L}{L_0}} = \left(\frac{M}{M_0}\right)^4 \Rightarrow \left(\frac{M}{M_0}\right)^4 = 2,512^{5,4} \Rightarrow \frac{M}{M_0} = 2,512^{1,35} \approx 2,512^{4/3} = \sqrt[3]{2,512^4} = \sqrt[3]{40,235}$

$\frac{M}{M_0} = 3,5$ . Орбитальный период планеты по условию  $T = \frac{73 \text{ сут}}{365,26} \approx 0,2 \text{ года}$ .

По III закону Кеплера в системе сгруппированная масса Солнца:  $\frac{T^2}{a^3} = \frac{1}{M} \Rightarrow a = \sqrt[3]{T^2 \cdot M} = \sqrt[3]{0,2^2 \cdot 3,5} = \sqrt[3]{0,14} \approx 0,5 \text{ ае} = 75 \cdot 10^6 \text{ км}$

Определим радиус звезды, зная ускорения свободного падения на ее поверхности и ее массу:  $g = \frac{GM}{R_*^2} \Rightarrow R_* = \sqrt{\frac{GM}{g}}$   
 $R_* = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 3,5 \cdot 2 \cdot 10^{30}}{0,7}} \text{ м} \approx \sqrt{4 \cdot 10^{20}} \text{ м} = \sqrt{4} \cdot 10^{10} \text{ м} \approx 2,7 \cdot 10^{10} \text{ м}$

Орбита планеты не должна быть по поверхности звезды или касаться ее. Расстояние от планеты до звезды минимально в перигелии орбиты планеты  $\Rightarrow$  это расстояние должно быть больше радиуса звезды:  $a(1-e) > R_*$ .  $a(1-e) > R_* \Rightarrow 1-e > \frac{R_*}{a} \Rightarrow e < 1 - \frac{R_*}{a} = 1 - \frac{2,7 \cdot 10^{10} \text{ м}}{75 \cdot 10^6 \text{ км}} = 1 - \frac{27}{75} = \frac{48}{75} = 0,64$   
 $e < 0,64$

№4.

Заметим, что между 2 последовательными максимумами близости астероида к Земле прошло

$$2097 - 2003 = 94 \text{ года} = S - \text{это синодический период астероида.}$$

Мы не знаем, в какую сторону астероид вращается вокруг Солнца: направления движения астероида и Земли совпадают или противоположно направлены  $\Rightarrow$  в 1-м случае  $\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\oplus}}$ , где

$T$  - орбитальный период астероида,  $T_{\oplus}$  - Земли; во 2-м случае

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} + \frac{1}{T_{\oplus}}$$

$$1) \frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\oplus}} \Rightarrow \frac{1}{T} = \frac{1}{T_{\oplus}} + \frac{1}{S} \Rightarrow T = \frac{T_{\oplus} S}{T_{\oplus} + S} = \frac{94 \cdot 1}{94 + 1} \approx 0,99 \text{ г.}$$

По III з-ну Кеплера в системе единиц г-а-с-масса Солнца:

$$\frac{T^2}{a^3} = 1, \text{ где } a^3 - \text{большая полуось орбиты астероида}$$

$$\text{в а.е.} \Rightarrow a = \sqrt[3]{T^2} = \sqrt[3]{0,99} = \sqrt[3]{0,9801} \Rightarrow a^3 = 0,9801$$

$$0,994^3 = 0,981872; 0,993^3 = 0,979098; \text{ заметим, } 0,979098 \text{ ближе к } 0,9801, \text{ чем } 0,981872 \Rightarrow a \approx 0,993 \text{ а.е.}$$

$$2) \frac{1}{S} = \frac{1}{T} + \frac{1}{T_{\oplus}} \Rightarrow \frac{1}{T} = \frac{1}{S} - \frac{1}{T_{\oplus}} = \frac{1}{94} - \frac{1}{1} < 0 - \text{невозможно}$$

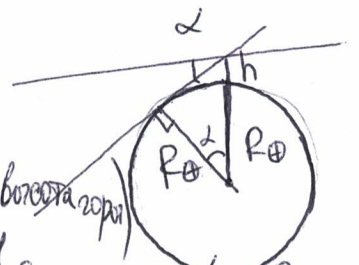
$\Rightarrow$  астероид вращается вокруг Солнца в ту же сторону, что и Земля  $\Rightarrow$  ситуация у п. 1.

№5.

Увелич почитание горизонта  $\angle$  для Василия:

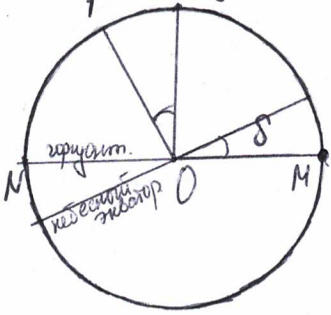
$$\cos \alpha = \frac{R_{\oplus}}{R_{\oplus} + h} = \frac{6371 \text{ км}}{6371 + 885 \text{ км}}$$

( $R_{\oplus} = 6371 \text{ км}$  - радиус Земли,  $h = 885 \text{ м}$  - высота горы)  
Заметим, эта величина близка к 1, значит  $\alpha \approx 0$ .



N5 (проекции)

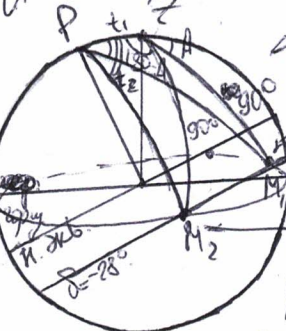
Поэтому в дальнейшем будем пренебрегать  $\alpha$ .



M - положение звезды на небесной сфере. Заметим, что это угол между направлением на звезду и на небесный экватор - склонение звезды равно углу  $POZ$ , где P - полюс Мира, Z - зенит, O - центр небесной сферы.

Высота Полюса Мира над горизонтом = широте места наблюдения  $\Rightarrow \angle POZ = 90^\circ - \varphi_A$ , где  $\varphi_A$  - широта, на которой находимся Аркадий  $\Rightarrow \delta = 90^\circ - 62^\circ = 28^\circ$ . Заметим, что звезда Северный полюс Мира находится по равной стороне от небесного экватора  $\Rightarrow$  склонение звезды южное  $\Rightarrow \delta = -28^\circ$ . Максимальная высота над горизонтом - высота звезды в верхней кульминации. Если, то кульмирует она к югу от зенита на широте Василия  $\Rightarrow h_{max} = 90^\circ - \varphi + \delta = 90^\circ - 44^\circ - 28^\circ = 18^\circ$ .

Небесная сфера движется с востока на запад для неподвижного наблюдателя на Земле, а Василий находится восточнее Аркадия  $\Rightarrow$  для него эта звезда будет раньше, чем для Аркадия. Нетрудно заметить, что в момент, когда звезду видит Аркадий, она находится в зените для наблюдателя с координатами  $\varphi = -28^\circ, \lambda = 31^\circ$ . В момент, когда она ~~находится~~ кульмирует для Василия, кульмирует для Василия  $\varphi = 28^\circ, \lambda = 43^\circ \Rightarrow$  в момент, когда она заходит для Василия  $\lambda =$



Как горизонтальная звезда проходит  $t_1 + t_2$  (см. рис.) по м. координат в сферич.  $\Delta$ :  $PM_1 = PM_2, ZM_1 = ZM_2 \Rightarrow t_1 = t_2$

$\Rightarrow \cos PM_1 = \cos ZM_1 \cdot \cos PZ + \sin ZM_1 \cdot \sin PZ \cdot \cos(A) \Rightarrow \cos 118^\circ = \cos ZM_1 \cdot \cos 90^\circ + \sin(90^\circ - \varphi_B) \cdot \sin 90^\circ \cdot \cos A$ . Будем считать, что  $\cos 118^\circ \cdot \cos 120^\circ = -1/2$

меч а  $\sin A \approx 115^\circ \Rightarrow$  м. едн. сев:  $\sin 90^\circ / \sin t_1 = \sin PM_1 / \sin(18^\circ - A) \Rightarrow \sin t_2 = \dots$

КОД 354

354-5  
45

N5 (тригонометрия)

$\cos A = 45 \Rightarrow$  т. синусов:  $\frac{\sin 90^\circ}{\sin t_1} = \frac{\sin PM}{\sin(180-A)} \Rightarrow$  (считаем, 280  
 $\cos 118^\circ \approx \cos 120^\circ = -\frac{1}{2}$   
 $\sin 118^\circ \approx \sin 120^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$ )

$\sin t \approx \frac{\sin A}{\sin PM} \approx \frac{\sqrt{2}/2}{+\sqrt{3}/2} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \approx \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow t \approx 60^\circ \Rightarrow$

$t_1 + t_2 = 120^\circ \Rightarrow$   $\left\{ \begin{array}{l} \text{выда правая} \\ \text{как} \end{array} \right.$   $\left. \begin{array}{l} \text{корнутом на } \varphi \\ \text{Василия} \end{array} \right.$   
 $\frac{120^\circ}{360^\circ} = \frac{1}{3}$  суток.  $\Delta \lambda = \lambda'' - \lambda'$ ,

А все разница между восходом звезды в Василия  
и Акраде =  $\tau + \Delta \lambda$  (в часах)