

$$1. \quad 66,56^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$$

Найдем кол-во дней между днями зимнего солнцестояния и днями, когда максимальная высота Солнца равна  $0^\circ$ .

$$N_{cc} = \frac{N_{\text{полн}}}{2} = 30 \text{ сут.} \quad \text{Это 22.11. или 21.1.}$$

Найдем склонение Солнца в один из этих дней:

$$\begin{aligned} \delta_{21.1.} &= \delta_{0 \text{ мин}} \cdot \cos\left(\frac{N_{cc} \cdot 360^\circ}{365,24 \text{ сут}}\right) = -23,44^\circ \cdot \cos\left(\frac{30 \cdot 360^\circ}{365,24 \text{ сут}}\right) \approx -23,44 \cdot \cos 30^\circ \approx \\ &\approx -20,3^\circ \end{aligned}$$

Найдем широту места:

$$h_{\odot 21.1.} = 90^\circ - \varphi + \delta_{21.1.} = 0^\circ$$

$$\varphi = 90^\circ + \delta_{21.1.} = 69,7^\circ$$

Зная, что  $h_{\text{вз}} = 2h_{\text{нз}}$ :

$$90^\circ - |\varphi - \delta| = -180^\circ + |2\varphi + 2\delta|$$

$$|2\varphi + 2\delta| + |\varphi - \delta| = 270^\circ$$

$$|\varphi - \delta| = 270^\circ - |2\varphi + 2\delta|$$

$$\text{ОДЗ: } h_{\text{н}} \leq 45^\circ$$

$$\varphi - \delta = \begin{cases} 270^\circ - 2\varphi - 2\delta \\ -270^\circ + 2\varphi + 2\delta \end{cases} \quad \sim 90$$

$$\begin{cases} 3\varphi = 270^\circ - \delta_1 \\ -\varphi = 3\delta_2 - 270^\circ \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \delta_1 = 270^\circ - 3\varphi \\ 3\delta_2 = 270^\circ - \varphi \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \delta_1 = 270^\circ - 3\varphi \\ \delta_2 = \frac{270^\circ - \varphi}{3} \end{cases}$$

$$\delta_1 = 60,9^\circ \quad h_{\text{н}1} = -90^\circ + \varphi + \delta_1 = 40,6$$

$$\delta_2 \approx 66,8^\circ \quad h_{\text{н}2} = -90^\circ + \varphi + \delta_2 = 46,5 - \text{не уга. ОДЗ}$$

$$\text{Ответ: } \delta = 60,9^\circ.$$

5.  ~~$R_{\text{шв}} = \frac{GM}{c^2}$ , где  $M$  - масса черной дыры  
(предположим, что  $M = 5M_{\odot}$ )  
 $R_{\text{шв}} \approx 7400 \text{ м}$   $N_{\text{шв}} =$~~

1

2.  $W = 1,22 \frac{\lambda}{D} = \frac{1,22 c \cdot T}{D} = \frac{1,22 c}{D \cdot D}$ , где  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$  - ск-ть света  
 $D$  - частота  
 $D$  - диаметр телескопа

$$W = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 1,22}{1,2 \cdot 10^9 \cdot 2} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \approx 0,01^\circ$$

$h_{\text{сол}} = h_{\text{сол}} \pm \frac{D_{\text{сол}}}{2}$ , где  $D_{\text{сол}}$  - угловой диаметр Солнца

$$90^\circ - \varphi + \delta_{\text{сол}} = 90^\circ - \varphi + \delta_0 \pm 0,27^\circ$$

$$\delta_{\text{сол}} = \delta_0 \pm 0,27^\circ$$

$$\delta_0 \pm 0,27^\circ$$

$\delta_{\text{сол}} = 0^\circ$ , поскольку спутник ретрансляционный

$$\delta_0 \in [-0,27^\circ; 0,27^\circ] \text{ (костационарный)}$$

$$\delta_{\text{мин}} = -0,27^\circ - W; \delta_{\text{макс}} = 0,27^\circ + W$$

$\delta_0 = 0^\circ$  в день осеннего солнцестояния 23.09.

$$\delta_{\text{мин}} = -0,28^\circ, \delta_{\text{макс}} = 0,28^\circ$$

$$\delta_{\text{мин}} = \delta_0 \max \cos\left(\frac{N_{\text{сут}} \cdot \frac{360^\circ}{365,24 \text{ сут}}}\right), \text{ где } N_{\text{сут}} \in \mathbb{N} \text{ кол-во суток, прошедших со дня летнего солнцестояния}$$

$$N_{\text{сут}} \approx 91 \text{ сут } 24 \text{ ч } 09 \text{ мин}$$

$$\delta_{\text{макс}} = \delta_0 \max \cos\left(\frac{N_{\text{сут}} \cdot \frac{360^\circ}{365,24 \text{ сут}}}\right)$$

$$N_{\text{сут}} \approx 92 \text{ сут } 22 \text{ ч } 09 \text{ мин}$$

Аномально с днем весеннего солнцестояния (21.03.)

Ответ: (20.3; 22.3) и (22.09.; 24.09)

3. по III расширенному закону Кеплера:

$$\frac{2M_{\odot} T_m^2}{M_{\odot} T_{\oplus}^2} = \frac{a_m^3}{a_{\oplus}^3}$$

где  $T_m$  - период обращения одной из планет,  $a_m$  - ее большая полуось,  $T_{\oplus} = 1 \text{ год}$ ,  $a_{\oplus} = 1 \text{ а.е.}$

Если  $[T] = \text{год}$ ,  $[a] = \text{а.е.}$ , то

$$T_{n1} = \sqrt{\frac{a_{n1}^3}{2}} = 0,25 \text{ лет} \approx 91,25 \text{ сут}$$

$$T_{n2} = \sqrt{\frac{a_{n2}^3}{2}} \approx 0,5065 \text{ лет} \approx 184,85 \text{ сут}$$

3. Найдем период обращения

САМ-07

$$T_{\text{обр}2} = \frac{T_{n2} - T_{n1} \cdot 2}{1} \approx 2,35 \text{ сут}$$

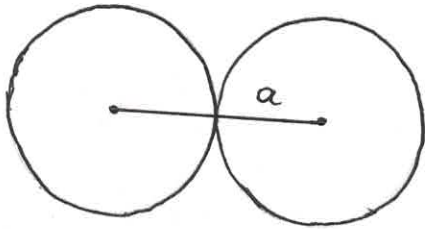
$T_{\text{обр}2}$  - период обр-я внеш. планеты вокруг своей оси,

$$T_{\text{обр}1} = \frac{T_{\text{обр}2}}{2} = 1,175 \text{ сут}$$

$T_{\text{обр}1}$  - внутренний

Ответ:  $T_{\text{обр}1} = 1,175 \text{ сут}$ ,  $T_{\text{обр}2} = 2,35 \text{ сут}$ .

4.



$$a = 2R_{\text{зл}}$$

по III расширенному закону Кеплера:

$$\frac{M_{\text{зл}} T_{\text{зл}}^2}{M_{\odot} T_{\odot}^2} = \frac{a^3_{\text{зл}}}{a^3_{\odot}} = \frac{8R_{\text{зл}}^3}{a^3_{\odot}}$$

$$T_{\text{зл}}^2 = \frac{M_{\odot} T_{\odot}^2 \cdot 8R_{\text{зл}}^3}{M_{\text{зл}} \cdot a^3_{\odot}}$$

$$T_{\text{зл}} = \sqrt{\frac{8M_{\odot} T_{\odot}^2 R_{\text{зл}}^3}{M_{\text{зл}} \cdot a^3_{\odot}}}$$

Для звезды типа Солнца:

$$T_{\text{зл}G} \approx 2,31 \text{ сут}$$

Для звезды масса К ( $M_K = 0,6 M_{\odot}$ , где  $M$  - масса 1 звезды,  $R_K = 0,5 R_{\odot}$ ):

$$T_{\text{зл}K} \approx 0,34 \text{ сут}$$

Для звезды масса F ( $M_F = 3 M_{\odot}$ ,  $R_F = 5 R_{\odot}$ )

$$T_{\text{зл}F} \approx 4,13 \text{ сут}$$

Ответ:  $T_{\text{зл}G} = 2,31 \text{ сут}$ ,  $T_{\text{зл}K} = 0,34 \text{ сут}$ ,  $T_{\text{зл}F} = 4,13 \text{ сут}$ .

5.  $R_{\text{шл}} = \frac{GM}{c^2}$ , где  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ ,  $M$  - масса черной дыры

$$R_{\text{шл}} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 10^{31}}{9 \cdot 10^{16}} \approx 7400 \text{ м}$$

(предположим, что  $M = 5 M_{\odot}$ )

$$N_{\text{чд}} = \frac{Mc^2}{M} \approx 9 \cdot 10^5$$

3