① Дано:

$t_0 = 60$ дней

$h_в = 2h_н$

$\delta = ?$

Решение:

$90° - |\varphi - \delta_\odot| = 0°$

1) $h_в = \cancel{\delta_\odot + \varphi - 90°} = 0°$ – условие ~~окончания~~ начала полярной ночи

$\cancel{\varphi = 90° - \delta_\odot}$ $\delta_\odot$ – склонение Солнца в момент начала полярной ночи

$90° = |\varphi - \delta_\odot|$

$\varphi - \delta_\odot$ очевидно больше нуля в российской деревне во время полярной ночи

$\varphi = 90° + \delta_\odot$

2) $\delta_{\odot зс} = -23{,}4°$ – склонение Солнца во время зимнего солнцестояния

$\delta_\odot = \delta_{\odot зс} \cos\left(360° \frac{t}{T}\right)$, где T – ~~год~~ троп. год, а

t – кол-во дней, прошедших с момента зимнего солнцестояния

Очевидно, что зимнее солнцестояние – середина полярной ночи.

Тогда $t = \frac{t_0}{2}$

$\delta_\odot = \delta_{\odot зс} \cos\left(360° \frac{t_0}{2T}\right) = -23{,}4 \cdot \cos \frac{360° \cdot 60}{2 \cdot 365} \approx -23{,}4° \cdot \cos 30° =$

$= -23{,}4 \cdot 0{,}866 \approx -20{,}264°$

3) широта села $\varphi = 90° + \delta_\odot = 69{,}736° \approx 70°$

4) Для звезды:

$h_в = 90° - |\varphi - \delta| = 2|\delta + \varphi| - 90° \cdot 2$

$h_н = \cancel{90° - |\varphi - \delta|}\ |\delta + \varphi| - 90°$

$270° = 2|\delta + \varphi| + |\varphi - \delta|$

$$\left[\begin{array}{l} 270° = 2\delta + 2\varphi + \varphi - \delta \\ 270° = 2\delta + 2\varphi - \varphi + \delta \\ 270° = -2\delta - 2\varphi + \varphi - \delta \\ 270° = -2\delta - 2\varphi - \varphi + \delta \end{array}\right.$$

$$\left[\begin{array}{l} \delta = 270° - 3\varphi \\ \delta = \frac{270° - \varphi}{3} \\ \delta = \frac{-270° - \varphi}{3} \\ \delta = \frac{-3\varphi - 270°}{} \end{array}\right.$$

$$\left[\begin{array}{l} \delta = 60° \\ \delta = 66{,}6° \\ \delta = -113° < -90° \text{ – не уд. } \delta \in [-90°; 90°] \\ \delta = -480° < -90° \end{array}\right.$$

для $\delta = 66{,}6°$:

$h_в = 90° - |\varphi - \delta| =$

$= 90° - (70° - 66{,}6°) =$

$= 90° - 3{,}4° = 86{,}6°$

$h_н = |\varphi + \delta| - 90° =$

$= 136{,}6° - 90° = 46{,}6° \neq \frac{h_в}{2}$

Ответ: $\delta = 60°$

Жук-17

② Дано:

$M = 2M_\odot$

$a_1 = 0{,}5$ а.е.

$a_2 = 0{,}8$ а.е.

$S_1 = S_2 = S$

$2T_1 = T_2$

$T_1 = ?$

$T_2 = ?$

Решение:

1) 3з.К. (а.е; годы; $M_\odot$) в сравнении с системой Земля-Солнце

для п. 1:

$$\frac{2 \cdot \cancel{} T_{op1}^2}{0{,}5^3} = 1$$

$$T_{op1} = \sqrt{\frac{0{,}5^3}{2}} = \sqrt{0{,}5^4} = 0{,}5^2 = 0{,}25 \text{ года}$$

для п. 2: $T_{op2} = \sqrt{\frac{0{,}8^3}{2}} = \sqrt{0{,}4} \cdot 0{,}8 = \frac{2 \cdot 0{,}8}{\sqrt{10}}$

$$\approx \frac{1{,}6}{3{,}16} \approx 0{,}506 \text{ года}$$

2) ~~[illegible]~~ „солнечные" сутки по сути - синодический период звезды относительно планеты

$$\frac{1}{S_{12}} = \frac{1}{T_{12}} - \frac{1}{T_{op12}}$$ - в предположении, что обе планеты вращаются в ту же сторону, что и обр. вокруг звезды

3) $\frac{1}{S_1} = \frac{1}{S_2} \Rightarrow \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_{op1}} = \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_{op2}}$

учитывая, что $T_2 = 2T_1$

$$\frac{1}{T_1} - \frac{1}{2T_1} = \frac{1}{T_{op1}} - \frac{1}{T_{op2}}$$

~~учитывая, что $T_{op2} = 2T_{op1}$~~

$$\cancel{} \frac{1}{2T_1} = \frac{1}{T_{op1}} - \frac{1}{2T_{op1}}$$

~~$T_1 = T_{op1}$ - противоречие условию~~

~~$\frac{1}{S_{12}} = \frac{1}{T_{12}} + \frac{1}{T_{op12}}$~~

~~$\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_{op1}} = \frac{1}{T_2} + \frac{1}{T_{op2}}$~~

$T_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{T_{op1}} - \frac{1}{T_{op2}}\right)^{-1} = T_{op1}$, противоречит условию

③. Продолжение

4) предположим, что планеты вращаются в сторону, противоположную их обращению вокруг Земли

$$\cancel{\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_{ор1}} = \frac{1}{T_2} + \frac{1}{T_{ор2}}}$$

$$\frac{1}{T_1} - \frac{1}{2T_1} = \frac{1}{T_{ор2}} - \frac{1}{T_{ор1}}$$

$$\frac{1}{2T_1} = 2 - 4 = -2 \text{ - невозможно}$$

5) предположим, что одна из планет вращается в сторону, противоположную обращению вокруг Земли:

1) $$\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_{ор1}} = \frac{1}{T_2} + \frac{1}{T_{ор2}}$$

$$\frac{1}{2T_1} = \frac{1}{T_{ор1}} + \frac{1}{T_{ор2}}$$

$$T_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{T_{ор1}} + \frac{1}{T_{ор2}}\right)^{-1} = \frac{1}{12} \text{ года}$$

$$T_2 = \frac{1}{6} \text{ года}$$

2) $$\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_{ор2}} = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_{ор1}}$$

$$\frac{1}{2T_1} = \frac{1}{T_{ор1}} - \frac{1}{T_{ор2}}$$

$$T_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{T_{ор1}} - \frac{1}{T_{ор2}}\right)^{-1} < 0$$

не удв. усл. $\boxed{T > 0}$

Ответ: $T_1 = \frac{1}{12}$ года; $T_2 = \frac{1}{6}$ года стр. 4 из 10. | Физ-17

(4) Решение:

1) $a \approx 2R_\odot = 1{,}4 \cdot 10^6$ км – большая полуось системы

$\Sigma M \approx 2M_\odot = 4 \cdot 10^{30}$ кг – общая масса системы

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{a^3}{\Sigma M G}} = 6{,}28\sqrt{\frac{(1{,}4\cdot 10^9)^3}{4\cdot 10^{30}\cdot 6{,}7\cdot 10^{-11}}} = 6{,}28\sqrt{\frac{1{,}4^3\cdot 10^{27}}{4\cdot 6{,}7\cdot 10^{19}}} =$$

$$= 6{,}28\sqrt{\frac{1{,}4}{4\cdot 6{,}7}}\cdot 1{,}4\cdot 10^4 = 3{,}14\sqrt{\frac{1{,}4}{6{,}7}}\cdot 1{,}4\cdot 10^4 = 2{,}2\cdot 10^4 \text{ с}$$

2) Класс K:

$T_K = 4500$ K

$M_K \approx 0{,}7 M_\odot$

$L \sim M^4 \Rightarrow L_K = L_\odot\left(\frac{M_K}{M_\odot}\right)^4 \approx \frac{1}{4}L_\odot$

$$\frac{L_K}{L_\odot} = \left(\frac{R_K}{R_\odot}\right)^2\left(\frac{T_K}{T_\odot}\right)^4$$

$$R_K = R_\odot\sqrt{\frac{L_K}{L_\odot}}\left(\frac{T_\odot}{T_K}\right)^2 = \frac{16}{9}\cdot\frac{1}{2}R_\odot = \frac{8}{9}R_\odot \approx 0{,}9R_\odot$$

$$T_K = 2\pi\sqrt{\frac{a_K^3}{\Sigma M_K G}} = 6{,}28\cdot\sqrt{\frac{(1{,}8\cdot 7\cdot 10^8)^3}{2\cdot 0{,}7\cdot 2\cdot 10^{30}\cdot 6{,}7\cdot 10^{-11}}} =$$

$$= 3{,}14\sqrt{\frac{(1{,}8\cdot 7)^3}{0{,}7\cdot 6{,}7}}\cdot 10^5 = 3{,}14\sqrt{\frac{12{,}6^3}{4{,}69}}\cdot 10^5 =$$

$$= 3{,}14\cdot 12{,}6\cdot\sqrt{3}\cdot 10^5 = 1{,}7\cdot 3{,}14\cdot 1{,}26\cdot 10^6 = 6{,}4\cdot 10^6 \text{ с} > T_\odot$$

3) Класс F:

$T_F \approx 7500$ K

$M_F \approx 2-3 M_\odot$

$L \sim M^4 \Rightarrow L_F = L_\odot\left(\frac{M_F}{M_\odot}\right)^4 = 81 L_\odot$

$$\frac{L_F}{L_\odot} = \left(\frac{R_F}{R_\odot}\right)^2\left(\frac{T_F}{T_\odot}\right)^4$$

$$R_F = R_\odot\sqrt{\frac{L_F}{L_\odot}}\left(\frac{T_\odot}{T_F}\right)^2 = \frac{45}{4}R_\odot = 11{,}25R_\odot$$

$$T_F = 2\pi\sqrt{\frac{a_F^3}{\Sigma M_F G}} = 6{,}28\sqrt{\frac{(11\cdot 7\cdot 10^8)^3}{2\cdot 2\cdot 10^{30}\cdot 6{,}7\cdot 10^{-11}}} =$$

$$= \frac{6{,}3}{2}\sqrt{\frac{7{,}7^3}{6{,}7}}\cdot 10^8 = 3{,}14\cdot 7{,}7\cdot 10^8 = 2{,}4\cdot 10^9 \text{ с} > T_\odot$$

Ответ: $T_K = 6{,}4\cdot 10^6$ с; $T_\odot = 2{,}2\cdot 10^4$ с; $T_F = 2{,}4\cdot 10^9$ с

5. Дано:

$M = 4 \cdot 10^6 M_\odot$

может ли находиться шаровое скопление р/н концентраций

Решение:

1) $R_G = \frac{2GM}{c^2}$ – радиус Шварцшильда

в пределах сферы такого радиуса будет находиться скопление, если оно сущ.

$$R_G = \frac{2 \cdot 6{,}7 \cdot 10^{-11} \cdot 4{,}5 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{30}}{9 \cdot 10^{16}} = 1{,}12 \cdot 10^{10}\ м$$

2) положим, что средняя масса ЧД звездной массы $M_{ЧД} = 5 M_\odot$, тогда $R_{ЧД} = \frac{2GM}{c^2} = \frac{2 \cdot 6{,}7 \cdot 10^{-11} \cdot 10^{31}}{9 \cdot 10^{16}} =$

$$= 1{,}5 \cdot 10^4\ м$$

3) всего таких ЧД:

$$N = \frac{M}{M_{ЧД}} = \frac{4{,}5 \cdot 10^6 M_\odot}{5 M_\odot} = 9 \cdot 10^5\ штук$$

4) объём пространства, занимаемый сверхмассивной ЧД:

$$V = \frac{4}{3}\pi R_G^3 = \frac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 1{,}12^3}{3} \cdot 10^{30}\ м^3 =$$

$$= 5{,}5 \cdot 10^{30}\ м^3$$

5) объем пространства, занимаемый одной ЧД звездной массы:

$$V_{ЧД} = \frac{4}{3}\pi R_{ЧД}^3 = \frac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 1{,}5^3}{3} \cdot 10^{12}\ м^3 = 1{,}35 \cdot 10^{13}\ м^3$$

объём всех ЧД звездной массы:

$$V_{общ} = V_{ЧД} N = 10^{19}\ м^3$$

чисто физически ЧД звездной массы вместятся в область, невидимую человеком.

6) ~~Но рядом понимаете~~ ~~что~~ Предполагаемая концентрация ЧД

$$n = \frac{N}{V} = \frac{9 \cdot 10^5}{5{,}5 \cdot 10^{30}} = 2 \cdot 10^{-25}\ м^{-3}$$

5. Продолжение

7) скорость ~~звезд~~ ЧД на краю скопления (тк скопление ~~однородно~~ равномерной концентрации, все ЧД обращаются по примерно круговой орбите)

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R_G}} = \frac{c}{\sqrt{2}}$$

скорость на расстоянии r:

$$v = \sqrt{\frac{GM_B}{r}} = \sqrt{\frac{GM_B R_G}{r R_G}} = \cancel{\frac{c}{\sqrt{2}}\sqrt{\frac{R_G}{r}}} = \sqrt{\frac{GM r^3}{R_G^3 r}} = \frac{c}{\sqrt{2}} \cdot \frac{r}{R_G}$$

$$M_B = M\frac{r^3}{R_G^3}$$

~~чд за~~ внешняя сфера не действует

тк $r < R_G$

$v < c$

8) исходя только из Ньютоновской механики, можно было бы сделать вывод, что такая ситуация возможна.

Но на краю скопления (R_G от центра) нет стабильных круговых орбит: их нет до расстояния $3R_G$ из-за релятивистских эффектов. Стабильных орбит нет $\Rightarrow$ скопление без равномерной концентрации $\Rightarrow$ ЧД начинают сливаться $\Rightarrow$ всё коллапсирует к ЧД с массой чуть меньше $4 \cdot 10^6 M_☉$, тк часть энергии ушла на грав. волны.

Ответ: нет

стр 7 из 10 | Хук-17

2. Дано:

$D = 2$ м

$\nu = 12$ ГГц

~~даты~~ засветки

Решение:

1) Длина волны, соотв. частоте 12 ГГц:

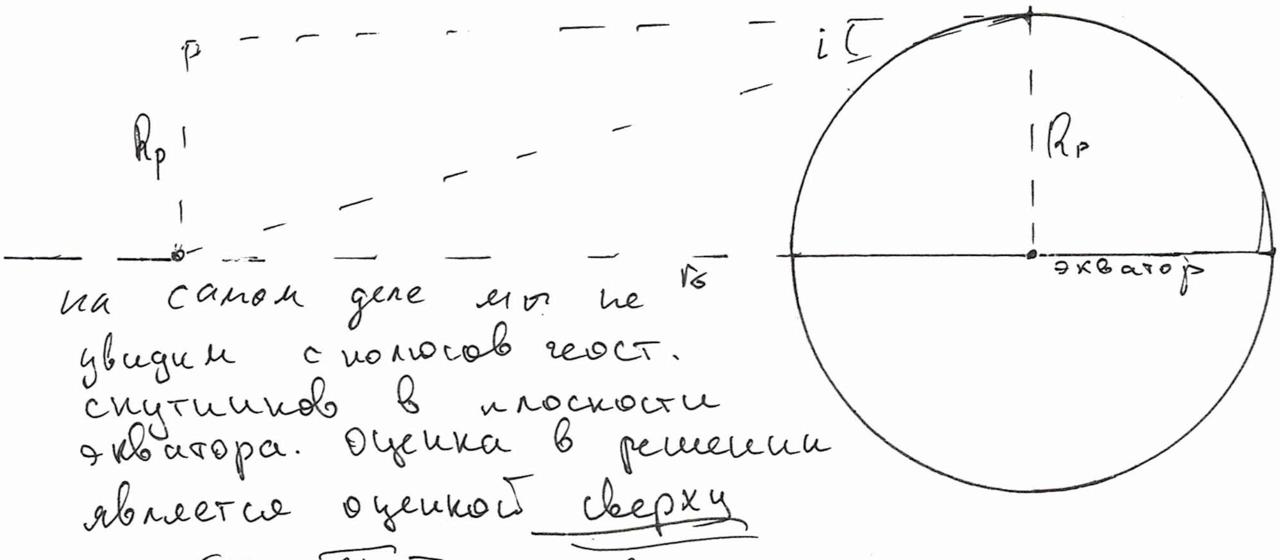
$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3\cdot10^{8}\ м/с}{12\cdot10^{9}\ с^{-1}} = \frac{1}{4}\cdot10^{-1} = \frac{1}{40}\ м = 2{,}5\ см$$

2) Отделить точечный источник от Солнца можно будет с расстояния

$$r = 1{,}22\,\frac{\lambda}{D} = 5'$$

3) спутники обращаются вокруг Земли по геостационарной орбите (т.к. ~~тарелка~~ антенна неподвижна) приблизительно в плоскости небесного экватора, значит подойти к Солнцу на расстояние 5' они могут только вблизи равноденствий

4) максимальное отклонение спутников от экватора — на полюсах. найдем его (i)



на самом деле мы не увидим с полюсов геост. спутников в плоскости экватора. Оценка в решении является оценкой сверху

$$r_G = \cancel{2\pi}\frac{v T}{2\pi} = \sqrt{\frac{GM}{r_G}}\,\frac{T}{2\pi} \qquad T \text{ - звездные сутки}$$

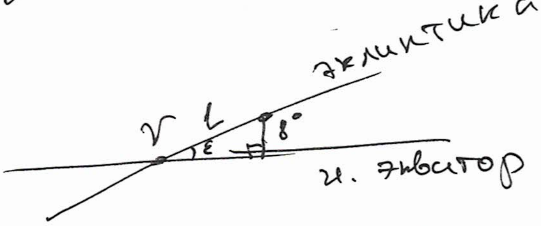
$$r_G = \sqrt[3]{\frac{T^2 GM}{4\pi^2}} = \sqrt{\frac{86400^2\cdot 6{,}7\cdot10^{-11}\cdot 6\cdot10^{24}}{4\cdot 9}} = \sqrt[3]{\frac{(8{,}64\cdot10^{4})^2\cdot 6{,}7\cdot10^{-11}\cdot 6\cdot10^{24}}{4\cdot 9}} =$$

$$= \sqrt[3]{\frac{73\cdot 6{,}7\cdot 6}{36}}\cdot\sqrt[3]{10^{21}} =$$

$$= 4{,}5\cdot10^{7}\ м$$

5) $i = \operatorname{arctg}\frac{R_p}{r_G} = \operatorname{arctg}\frac{6{,}35\cdot10^{6}}{4{,}5\cdot10^{7}} = \operatorname{arctg} 0{,}15 \approx 8^\circ$

(2.) Продолжение



l - дуга, пройденная Солнцем

$$\frac{\sin l}{\sin 90^\circ} = \frac{\sin 8^\circ}{\sin \varepsilon}$$

$$l = \arcsin \frac{\sin 8^\circ}{\sin \varepsilon} \approx \arcsin \frac{0{,}15}{0{,}35} \approx \arcsin 0{,}43 \approx 25^\circ$$

$$\delta_\odot = 8^\circ$$

$$\frac{\delta_\odot}{\varepsilon} = \sin\left(360^\circ \frac{t}{T}\right) \quad T - \text{год}$$

t - время с весен. р/д

$$t = \frac{\arcsin \frac{1}{3}}{360^\circ} T \approx 20 \text{ дней}$$ - до и после весеннего и осеннего р/д

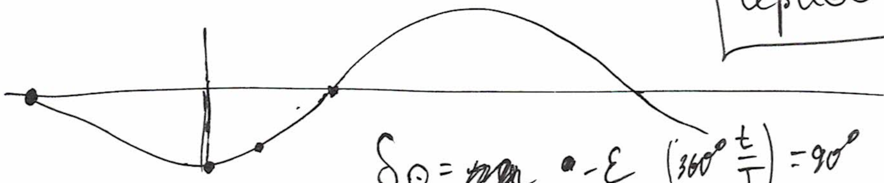
Ответ: примерно с ~~...~~ 1 марта по 11 апреля и с ~~...~~ 3 сентября по 13 октября стр 9/10

$2{,}2\cdot 10^4$

Жук-17

черновик

Жук-17



3С

$\delta_\odot = \cancel{\sin}\ -\varepsilon\left(360^\circ\frac{t}{T}\right) = 90^\circ$

$\delta_\odot = -\varepsilon\cos\left(360^\circ\cdot\frac{t}{T}\right)$ t - время с з.с.

$\frac{60}{2\cdot 365} = \frac{30}{365} = \frac{6}{}$

$3{,}14\cdot 0{,}7$
$0{,}7$
$2{,}198$

$6{,}7 : 21$
$56 \quad 3{,}78$
210
98
120

$3{,}78$

$19^2 \quad 17^2 =$
17
119
17
$2\,289$
$3{,}16$

$23{,}4 \times 0{,}866$

$0{,}866 \times 23{,}4$
3464
2598
1732
$20{,}2644$

$1{,}4 \times 1{,}4$
56
14
$1{,}96$

$1{,}4$
784
196
$2{,}744$

$6{,}7000 : 275$
$550 \quad 2{,}43$
1200
1100
1000

$90^\circ - \cancel{}\ 3{,}4^\circ = \boxed{86{,}6^\circ}$

$136{,}6 - 90 = 46{,}6^\circ$

$90 - \frac{4}{3} = 90 - \frac{69}{3} - \frac{1}{3} = 90 - 23 - \frac{1}{3} = 66{,}6$

$\boxed{46{,}6}$

$\frac{6{,}7\cdot 16}{9} = $
$= 0{,}7\cdot 16 = 11{,}2$

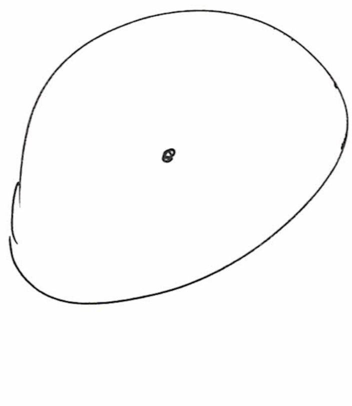
$3{,}3 \times 3{,}3$
99
99
$10{,}89$

$3{,}2 \times 3{,}2$
64
96
$10{,}24$

$1{,}60000 : 3{,}16$
$1580 \quad 0{,}50$
2000

$3{,}15 \times 3{,}15$
1575
315
945
$9{,}9225$

$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{op}}$



$15{,}000 : 35$
$140 \quad 0{,}42$
100
70
300

$2{,}25 \times 1{,}5$
1125
225
$3{,}375$

$1{,}3\ 5\ 00$

$\nu = 12\,\Gamma\Gamma\text{ц}$

$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3\cdot10^8}{12\cdot10^{9}} = \frac{1}{40}\,м = \frac{2,5}{100} = 2,5\,см$

$c = \lambda\nu$

$\lambda = 500\cdot10^{-9}\,м$

$\nu = \frac{c}{\lambda} = 500\cdot3\cdot10^{17} = 15\cdot10^{19}\,м = 1,5\cdot10^{20}$

$\theta = 1,22\frac{\lambda}{D} = \frac{0,025}{2}\cdot1,22 = 0,00125\cdot1,22$

125
1,22
250
250
125
$0,001525$ рад $=$
$= 0,001525\cdot200000'' =$
$= 0,001525\cdot2 = 305'' =$
$= 152,5\cdot2 = 305''$
$= 5'$

За 1 день $\frac{360^\circ}{T_{op}}\,T$

3,16
3,16
1896
316
948
9,9856

1,

Вп 7,7·3,
3,14
7,7
2198
2198
24,178

160000 | 316
1580 | 0,5063
2000
1896
1040

6,7
0,7
4,69

летнее СС

3,14
1,7
2198
314
5,338

5,338
1,18
10676
5338
6,1056

$0,15\cdot53$
15
265
7,95
5,3