№ 1

Т.к. спутник геостационарный ⇒ ⇒ $T_0 = 24^h$, знаем период обращения Луны и большую полуось её орбиты по III з. Кеплера можем узнать большую полуось этой орбиты

$$\left(\frac{T_0}{A_0^3}\right)^2 = \frac{T_{\text{☾}}^2}{A_{\text{☾}}^3}$$

$T_{\text{☾}} \approx 27$ дн

$A_{\text{☾}} \approx 387000$ км

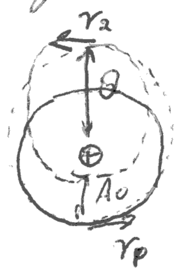
$$A_0 = A_{\text{☾}}\sqrt[3]{\left(\frac{T_0}{T_{\text{☾}}}\right)^2} = A_{\text{☾}}\sqrt[3]{\left(\frac{1}{27}\right)^2} = A_{\text{☾}}\cdot\frac{1}{9}$$

$$A_0 \approx 43000 \text{ км}$$

Если бы все шло по плану, то предполагаемая скорость спутника после 1-ого импульса:

$v_1 = v_0 \cdot 1{,}1$

Импульс дается в направлении тангенциальной скорости спутника. Скорость спутника изначально:



$$v_0 = \sqrt{\frac{GM}{A_0}}$$ Сравнив с ~~Луной~~ ☾ получим:

$$v_0 = v_{\text{☾}}\sqrt{\frac{A_{\text{☾}}}{A_0}} = v_{\text{☾}}\sqrt{9} = 3v_{\text{☾}}$$

После первого импульса:

$$v_1^{п} = \sqrt{\frac{GM}{a_1}\frac{(1+e)}{(1-e)}} \quad ; \quad A_0 = a_1(1-e)$$

$$\Downarrow$$

$$e = -1 + \frac{v_1^2 A_0}{GM} \; ; \quad a_1 = \frac{A_0}{2-\frac{v_1^2 A_0}{GM}} =$$

$$= \frac{A_0}{2-\frac{v_0^2\, 1{,}21\, A_0}{GM}} = \frac{A_0}{2-\frac{GM}{A_0}\frac{1{,}21 A_0}{GM}} = \frac{A_0}{2-1{,}21} = \frac{A_0}{0{,}79} \approx$$

После второго импульса: $Q = a_1(1+e_1)$

$$\cancel{v_a = v_2} \quad v_2 = v_a \cdot 0{,}9 \;, \quad v_a = v_п\frac{1-e}{1+e} = v_1\frac{1-e}{1+e}$$

$$\frac{A_0}{a_1} = 1-e_1 = 0{,}79 \Rightarrow e_1 = 0{,}21$$

$$v_a = v_1\frac{0{,}79}{1{,}21} = 0{,}65 v_1 \; ; \quad v_2 = 0{,}59 v_1 = 0{,}65 v_0$$

После второго импульса

$$Q = a_2(1+e_2) = a_1(1+e_1)$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{GM(1-e_2)}{a_2(1+e_2)}} = \sqrt{\frac{GM(1-e_2)}{Q}}$$

$$\Downarrow$$

$$e_2 = 1 - \frac{v_2^2 Q}{GM} = 1 - \frac{0{,}65^2 v_0^2 Q}{GM} = 1 - \frac{0{,}42\, GM\, Q}{A_0\, GM} =$$

$$= 1 - \frac{0{,}42\cdot Q}{A_0 \cancel{GM}} \quad ; \quad Q = a_1(1+e)$$

$$e_2 = 1 - \frac{0{,}42\cdot a_1(1+e_1)}{A_0} = 1 - \frac{0{,}42\cdot A_0(1+0{,}21)}{0{,}79\, A_0} \approx 0{,}4$$

$$\Downarrow$$

$$a_2 = \frac{a_1(1+e_1)}{(1+e_2)} = \frac{A_0}{0{,}8}\,\frac{1{,}2}{1{,}4} \approx 1{,}1\, A_0$$

$$\Downarrow$$

$$T_{в\,нов} = \sqrt{(1{,}1 A_0)^3} \Rightarrow T_{нов} = T_\oplus \sqrt{(1{,}1)^3} \approx$$

$$\approx 1{,}1\, T_\oplus = 26{,}4^h$$

Теперь рассмотрим случай, когда все помимо каждого элементы первого получив добавок:

$$e_1 = 1 - \frac{v_1^2}{A_0} = 1 - 0{,}9^2 = 1 - 0{,}81 = 0{,}19$$

$$\cancel{a_1 = A_0(1+e_1)} \; ; \quad A_0 = a_1(1+e_1) \Rightarrow a_1 = \frac{A_0}{1+e_1} = \frac{A_0}{1{,}19}$$

$$e_2 = \frac{v_2^2 Q}{GM} - 1 =$$

$$= \frac{1{,}1\cdot 9}{4}\,\frac{v_1^2 Q}{GM} - 1 = \frac{10}{4}\cdot\frac{0{,}9^2 v_0^2 Q}{GM} - 1 =$$

$$= \frac{2Q}{A_0} - 1 = \frac{2A_0(1-e_1)}{1{,}2\, A_0} - 1 = 1{,}3 - 1 = 0{,}3$$

$$v_2 = 1{,}1\cdot v_n :$$

$$v_n = v_1\,\frac{1+e_1}{1-e_1} \approx \frac{3}{2} v_1$$

$$v.$$

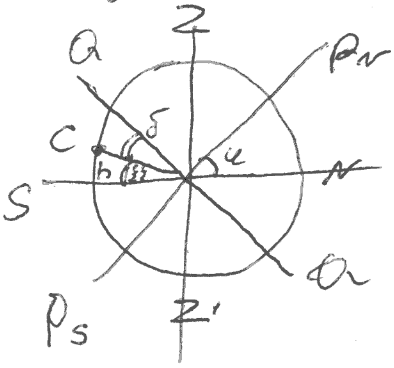
$$\Rightarrow \cancel{a_2 = \frac{a_1(1+e_1)}{1+e_2}} \approx A_0$$

$$a_2 = \frac{a_1(1-e_1)}{(1-e_2)} = \frac{A_0}{1{,}2}\,\frac{0{,}8}{0{,}7} \approx \frac{20}{21} A_0 \approx 0{,}9\, A_0$$

$$T_{нов} = T_\oplus \sqrt{(0{,}9)^3} \approx 0{,}8\, T_\oplus \Rightarrow \Delta T = 0{,}3\, T_\oplus = 7{,}2^h$$

разность орбитальных периодов

Для действия происходят в новогоднюю ночь ⇒ ~~$\alpha_0 = 18^h 45^m$~~, т.к. на момент зимнего солнцестояния $\alpha_З = 18^h$, и с этой даты прошло 9 дней, зная угловую скорость Солнца $w_0 = 1°/д$, можем найти прямое восхождение Солнца — $\alpha_0 = 18^h + \frac{w_0 \cdot 9}{15°/h} = 18^h 45^m$. Значит в момент наблюдения Сириус находился ровно в противоположной точке относительно Солнца. А т.к. в полночь Солнце находится в нижней кульминации ⇒ Сириус в момент наблюдения находился в верхней кульминации



Высота Сириуса: $h = 90 - \varphi + \delta =$
$= \overset{62}{90} - 28 - 17 = 45°$

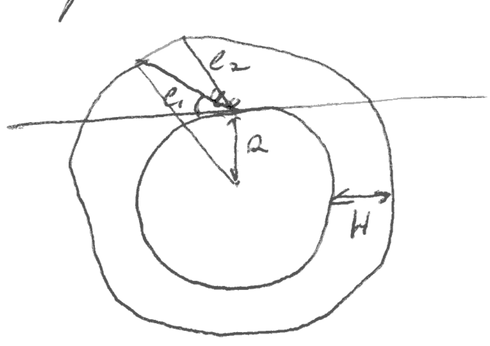
За 30с люди прошли расстояние
$l = 30$ м

Чем ближе звезда находится к горизонту, тем она тусклее. Значит чтобы увеличить яркость звезды людям необходимо идти на юг, зная что 1° на Земле это примерно 111 км ⇒ изменение высоты ~~Сириуса~~ Сириуса:

$\Delta h = \Delta \varphi = \frac{l}{111 км/°} = \frac{3}{11} \cdot 10^{-3}° \approx 2{,}5 \cdot 10^{-4}° \approx 9''$

тогда новая высота Сириуса $h_н = 45° 9''$

рис. 1

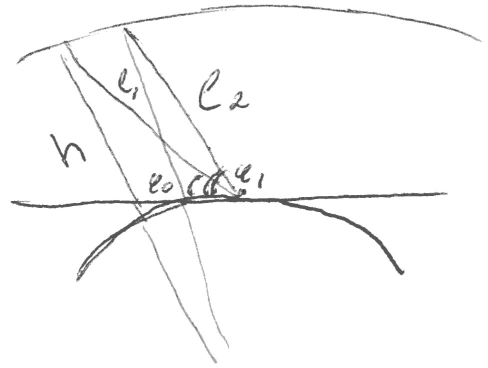


Максимальное значение поглощения света у горизонта: $\Delta m_г = 0{,}2^m$

т.к. $\Delta m \sim \lg \frac{E_1}{E_2}$; $\frac{E_1}{E_2} \sim \frac{I_1}{I_2} \sim e^{-rn\sigma}$

⇓

$\Delta m \sim rn\sigma$, т.е. изменение звездной величины пропорционально расстоянию пройденным лучом в среде т.е. $\Delta m \sim \Delta l = l_1 - l_2$ (рис. 1)   4 ч 0



для ~~в~~ угол $\Delta\varphi$ очень маленький

$\sin\varphi_0 \approx \frac{h}{l_1}$, $\sin\varphi_1 = \frac{h}{l_2} \approx$

где h - высота атмосферы

$h \approx 100$ км

Изменение звездной величины можно оценить:

$\Delta\varphi \approx 2{,}5\cdot 10^{-4} \approx 0{,}5\cdot 10^{-5}$ рад

$\Delta m = 0{,}2^m \lg(\varphi)$

$\Delta m_1 - \Delta m_2 = 0{,}2(\lg\varphi_1 - \lg\varphi_2) \approx 0{,}2\Delta\varphi \approx$

$\approx 10^{-6} m$

№ 3

По III з. Кеплера сравним с системой Земля - Солнце, получим значение A_2 - большая полуоси планеты:

$$\frac{T^2}{A^3}M = \frac{T_2^2}{A_2^3}M_2 = 1 \qquad A_2 = \sqrt[3]{T_2^2 M_2}$$

$M_2 = 2M_\odot$; $T_2 = 4$г

$A_2 = \sqrt[3]{32} \approx$ ~~3 а.е.~~ 3.2 ае

Зная соотношение ~~з.~~ Светимость - масса для звезд главной последовательности:

$$L \sim M^4 \Rightarrow L_{зв} = L_\odot\left(\frac{M_{зв}}{M_\odot}\right)^4 = 2^4 L_\odot = 16 L_\odot$$

Освещенность создаваемую звездой у планеты:

$E = \frac{L}{4\pi r^2}$, сравним с Солнцем:

$$E_{зв} = E_\oplus \frac{L_{зв}}{L_\odot}\left(\frac{r_\oplus}{A_2}\right)^2 = E_\oplus\frac{16}{(3{,}2)^2} \approx 1{,}5 E_\oplus$$

а т.к. $E_\oplus \approx 1400$ Вт/м^2 $\Rightarrow$ $E_{зв} \approx 2100$ Вт/м^2

Кол-во энергии которое производит батарея:

$P = E_{зв}\cdot S$ ~~S~~ $h\,\eta$, где $\eta = 0{,}1$ - кпд

h - высота звезды

кол-во энергии произведённое батарей: $\boxed{5 \text{ из } 6}$

$Q = P_{ср} \cdot t$, т.к. $h \sim t \Rightarrow P_{ср} = E_з \sigma S \sin 45^\circ \eta =$ 215

≈ 14500 Вт

За местные сутки Солнце находится над горизонтом $t = 10$ ч $\Rightarrow Q \approx 3{,}6 \cdot 10^4 с \cdot 14500$ Вт $\approx 5{,}3 \cdot 10^8$ Дж

№ 4

Зная абсолютную звёздную величину звезды $M = \cancel{5^m} -2{,}5^m$ и расстояние до неё $r = 0{,}31$ кпк $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ видимая звёздная величина звезды без туманности

$$m - M = -2{,}5 \lg \frac{E_1}{E_2} \; ; \; m = M + 5 \lg \frac{r}{10 пк}$$

$$m = -2{,}5 + 5 + 2{,}5 = 5^m$$

$$\boxed{\cancel{m = 5{,}7^m + 5 \lg 31 = 5{,}7^m + 5(1 + \lg 3) = 5{,}7^m + 5 + 5 \lg 3 = 10{,}7 + 2{,}5 = 13{,}2^m}}$$

падение интенсивности излучения звезды происходит т.к. свет проходит через туманность:

$$\frac{I_б}{I_0} = e^{-rn\sigma}$$

, где r – расстояние, которое проходит свет от звезды в туманности:

$$m_б - m = -2{,}5 \lg \frac{I_б}{I_0} = -2{,}5 \lg e^{-rn\sigma} = 2{,}5\, rn\sigma \lg e^{\approx 1/2} = \frac{5}{4} rn\sigma$$

мы знаем видимую звёздную величину $m_б = 5{,}7^m$

$$\Delta m = \frac{5}{4} rn\sigma = 0{,}7$$

Площадь сечения частицы $\sigma \approx 0{,}5$ см^2 ; $n \approx 1$ м$^{-3}$

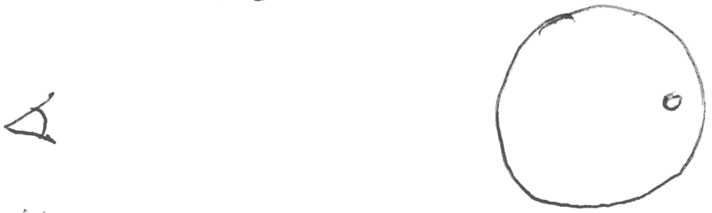
$$r = \frac{0{,}7}{4} \cdot 5 \frac{1}{n\sigma} \approx 10^5 м$$ – мало

6 из 6

Можем найти светимость звезды сравнив с абс. звездной величиной ☉ ($M_☉ = 5^m$)

$$M_{зв} - M_☉ = -2.5 \lg \frac{L_{зв}}{L_☉}$$

$$\frac{L_{зв}}{L_☉} = 10^{-0.4(M_{зв} - M_☉)} = 10^3$$



Центр туманности находится ближе к нам т.к. в этом случае интегральная яркость туманности может совпадать с светимостью, из-за поглощения и отражения света частицами пыли

№ 5

Гравитационное давление:

$$P_1 = \frac{F}{S} = \frac{GM_{нз}M_B}{4\pi r_{мс}^2 r_{мс}^2} = \frac{GM_{нз}M_B}{4\pi r_{мс}^4}$$

Давление магнитного поля:

$$P_2 = k r_{мс}^{-6}$$

$$\cancel{r_{мс}^6 = \frac{GM_{нз}M_B}{4\pi}}$$

$$r_{мс}^2 = \frac{4\pi k}{GM_{нз}M_B}$$

$P_1 = P_2$

$M_{нз} = 1.4 M_☉$

$E_{ул} = h\nu$

$$\nu = \frac{E_{ул}}{h} = \frac{30 кэВ}{6.6 \cdot 10^{-34}}$$

$$F = \beta q v = \frac{v^2}{r} m_e$$

$\Downarrow$

$$v_e = \frac{\beta q r}{m_e}$$

$$v = 2\pi R \nu$$

$$\frac{\beta q_e r}{m_e} = 2\pi R \frac{E}{h}$$

а т.к. $\beta \sim r^{-3}$

$$\frac{q_e}{r^2 m_e} = 2\pi r \frac{E}{h}$$

$$r^3 = \frac{q_e h}{2\pi m_e E}$$