Определим погрешность измерений:

$\Delta D_\oplus$ на снимках = 1 мм

$\Rightarrow \varepsilon_{D_\oplus} = \frac{1\text{мм}}{17\text{мм}}$.

$\Delta \alpha_\oplus = \varepsilon_{\alpha_\oplus} \cdot \alpha_\oplus = \sqrt{\varepsilon_{R_\oplus}^2 + \varepsilon_{\oplus ☾}^2} \cdot \alpha_\oplus \simeq 0{,}02^\circ$; $\varepsilon_{\alpha_\oplus} = 0{,}01$

$\varepsilon_\omega = \varepsilon_\alpha$;

$\varepsilon_h = \sqrt{\varepsilon_{D_\oplus}^2 + \varepsilon_{\alpha_\oplus}^2} = \sqrt{\frac{1}{289} + \frac{1}{10000}} \simeq \frac{1}{17} \simeq 0{,}06 \simeq 6\% \Rightarrow h = 250\text{км} \pm 15\text{км}$

Но в данной задаче точность не требуется, т.к. автор задачи просит оценить высоту, а не вычислить точно.

При решении не учитывались собственные движения Луны, поэтому могут возникать другие погрешности.

Жук-1 02 из 03

Найдём ω спутника.

$\omega = \frac{\alpha}{\Delta\tau}$; где масштаб изображения $= 0{,}11\ ^{\circ}/\text{мм}$.

Найдем угол β, на который поднялась Земля за 40 сек

$l\,[\text{мм}] = 18\ \text{мм}$; $\Rightarrow$ $\beta = 0{,}11\ ^{\circ}/\text{мм} \cdot 18\ \text{мм} = 1{,}98^{\circ} \approx 2^{\circ}$

$\Rightarrow \omega = \frac{\alpha}{\Delta\tau} = \frac{2^{\circ}}{40s} \Rightarrow T = \frac{360^{\circ}}{2^{\circ}/40c} = 180 \cdot 40c = 7200c$

По III Закону Кеплера:

$T = 2\pi\sqrt{\frac{R_{\text{☾}}}{g_{\text{☾}}}} = 2\pi\sqrt{\frac{a_{сп}^3}{GM}}$; $M_{\oplus} = 6\cdot10^{24}$ кг, $\frac{M_{\text{☾}}}{M_{\oplus}} = \frac{1}{81}$

$D_{\text{☾}} = \frac{1}{4} D_{\oplus}$

$T^2 = \frac{4\pi^2 a_{сп}^3}{GM}$; $4\pi^2 a_{сп}^3 = GM_{\text{☾}}T^2$; $a_{сп} = \sqrt[3]{\frac{GM_{\text{☾}}T^2}{4\pi^2}}$ $\pi^2 \approx 10$ $=$

$\approx \sqrt[3]{\frac{6{,}67\cdot10^{-11}\cdot\frac{1}{81}\cdot6\cdot10^{24}\cdot7200^2}{4\cdot10}} = \sqrt[3]{\frac{6\frac{2}{3}\cdot\frac{1}{9^2}\cdot6\cdot72^2\cdot10^{16}}{2^2}} =$

$= \sqrt[3]{\frac{20}{3}\cdot\frac{1}{4}\cdot\frac{1}{3^4}\cdot2\cdot3\cdot72^2\cdot10^{16}} = \sqrt[3]{\frac{5}{3^4}\cdot2\cdot8^2\cdot3^4\cdot10^{16}} = \sqrt[3]{64\cdot10^{17}} =$

$= 10^6\sqrt[3]{6{,}4}$. Найдем примерное значение:

$1{,}85^3 \approx 6{,}4 \Rightarrow a_{сп} \approx 1{,}85\cdot10^6 =$

$= 1850000$ м $= 1850$ км.

$\Rightarrow h = a - R_{\text{☾}} = 1850\ \text{км} - \frac{1}{4}\cdot6400\ \text{км} = 1850\ \text{км} - 1600\ \text{км} =$

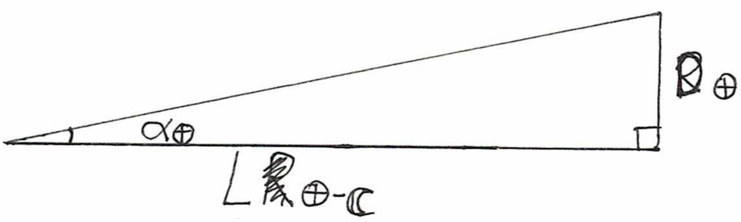
$= 250$ км.

Ответ: около 250 км

На первой картинке Земля только касается своим верхним краем горизонт Луны, а на последней - Земля поднялась на определённый угол. Известно расстояние от ⊕ до ☾, которое примерно равно 380000 км, а также радиус Земли, который равен 6400 км. С помощью этих данных найдём масштаб на снимках.

На снимке можно посчитать диаметр ~~Луны~~ Земли с помощью линейки, который оказался равен ~~37мм~~ 17мм.

Найдём ~~угол~~ угловой размер ~~Луны~~ Земли:



$$\alpha_\oplus[Rad] = \frac{2R_\oplus}{L_{\oplus☾}} = \frac{2\cdot 6400км}{380000км} = \frac{12800км}{380000км} = \frac{16}{475}\,Rad$$

$$\alpha_\oplus[^\circ] = \alpha_\oplus[Rad]\cdot 57{,}3^\circ/Rad = \frac{16}{475}\,Rad\cdot 57{,}3^\circ/Rad = \frac{916{,}8}{475}{}^\circ \approx 1{,}86^\circ$$

таким образом, масштаб на изображении равен $\frac{1{,}86^\circ}{17мм} = 0{,}11\frac{^\circ}{мм}$.

Так как собственным движением Луны можно пренебречь (между снимками время очень мало), то можно понять, что спутник совершит один оборот тогда, когда Земля на небе будет ~~находиться в~~ находиться в том же месте (на ~~том месте где~~ тех горизонтальных координатах, на которых она была в начале наблюдений)

Если между двумя снимками $\Delta\tau = 8c$, то ~~Δt~~ между первым и последним (шестым) $\Delta t = 40c$

=> найдём период спутника.

$$T = \frac{l}{\upsilon} = \frac{360^\circ}{\omega} = \frac{360^\circ}{\omega}.$$

Определим погрешность измерений:

$\Delta D_\oplus$ на снимках $= 1$ мм

$\Rightarrow \varepsilon_{D_\oplus} = \frac{1 мм}{17 мм}$.

$\Delta \alpha_\oplus = \varepsilon_{\alpha\oplus} \cdot \alpha_\oplus = \sqrt{\varepsilon_{R_\oplus}^2 + \varepsilon_{\oplus☾}^2} \cdot \alpha_\oplus \simeq 0{,}02^\circ$; $\varepsilon_{\alpha\oplus} = 0{,}01$

$\varepsilon_\omega = \varepsilon_\alpha$;

$\varepsilon_h = \sqrt{\varepsilon_{D_\oplus}^2 + \varepsilon_{\alpha\oplus}^2} = \sqrt{\frac{1}{289} + \frac{1}{10000}} \simeq \frac{1}{17} \simeq 0{,}06 \simeq 6\% \Rightarrow h = 250 км \pm 15 км$

Но в данной задаче точность не требуется, т.к. автор задачи просит оценить высоту, а не вычислить точно.

При решении не учитывались собственные движения Луны, поэтому могут возникать другие погрешности.

Жук-1 02 из 03

Найдём ω спутника.

$\omega = \frac{\alpha}{\Delta t}$; где масштаб изображения $= 0{,}11\ °/\text{мм}$.

Найдем угол β, на который поднялась Земля за 40 сек.

$l\,[\text{мм}] = 18$ мм; $\Rightarrow$ $\beta = 0{,}11\ °/\text{мм} \cdot 18\text{мм} = 1{,}98° \approx 2°$

$\Rightarrow \omega = \frac{\alpha}{\Delta t} = \frac{2°}{40s} \Rightarrow T = \frac{360°}{2°/40c} = 180 \cdot 40c = 7200c$

По III Закону Кеплера:

$T = 2\pi\sqrt{\frac{R_{☾}}{g_{☾}}} = 2\pi\sqrt{\frac{a_{сп}^3}{GM}}$; $M_{⊕} = 6\cdot10^{24}$ кг; $\frac{M_{☾}}{M_{⊕}} = \frac{1}{81}$

$D_{☾} = \frac{1}{4} D_{⊕}$

$T^2 = \frac{4\pi^2 a_{сп}^3}{GM}$; $4\pi^2 a_{сп}^3 = GM_{☾}T^2$; $a_{сп} = \sqrt[3]{\frac{GM_{☾}\cdot T^2}{4\pi^2}} =$ $\pi^2 \approx 10$

$\approx \sqrt[3]{\frac{6{,}67\cdot10^{-11}\cdot\frac{1}{81}\cdot6\cdot10^{24}\cdot7200^2}{4\cdot10}} = \sqrt[3]{\frac{6\frac{2}{3}\cdot\frac{1}{9^2}\cdot6\cdot72^2\cdot10^{16}}{2^2}} =$

$= \sqrt[3]{\frac{20}{3}\cdot\frac{1}{4}\cdot\frac{1}{3^4}\cdot2\cdot3\cdot72^2\cdot10^{16}} = \sqrt[3]{\frac{5}{3^4}\cdot2\cdot8^2\cdot3^4\cdot10^{16}} = \sqrt[3]{64\cdot10^{17}} =$

$= 10^6\sqrt[3]{6{,}4}$. Найдем примерное значение:

$1{,}85^3 \approx 6{,}4 \Rightarrow a_{сп} \approx 1{,}85\cdot10^6 =$

$= 1850000$м $= 1850$км.

$\Rightarrow h = a - R_{☾} = 1850\text{км} - \frac{1}{4}\cdot6400\text{км} = 1850\text{км} - 1600\text{км} =$

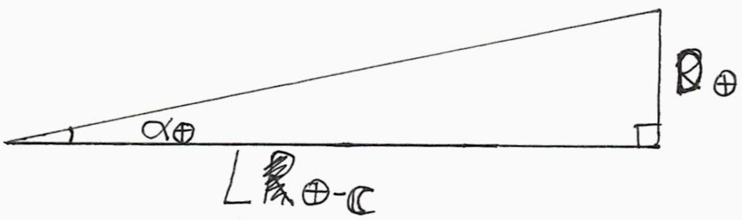
$= 250$км.

Ответ: около 250км

На первой картинке Земля только касается своим верхним краем горизонт Луны, а на последней – Земля поднялась на определённый угол. Известно расстояние от ⊕ до ☾, которое примерно равно 380000 км, а также радиус Земли, который равен 6400 км. С помощью этих данных найдём масштаб на снимках.

На снимке можно посчитать диаметр ~~Луны~~ Земли с помощью линейки, который оказался равен ~~37 мм~~ 17 мм.

Найдём ~~угол~~ угловой размер ~~Луны~~ Земли:



$$\alpha_\oplus(Rad) = \frac{2R_\oplus}{L_{\oplus☾}} = \frac{2\cdot 6400\text{км}}{380000\text{км}} = \frac{12800\text{км}}{380000\text{км}} = \frac{16}{475}\,Rad$$

$$\alpha_\oplus(°) = \alpha_\oplus[Rad]\cdot 57{,}3°/Rad = \frac{16}{475}\,Rad\cdot 57{,}3°/Rad = \frac{916{,}8}{475}° \approx 1{,}86°$$

таким образом, масштаб на изображении равен $\frac{1{,}86°}{17\text{мм}} = 0{,}11\frac{°}{\text{мм}}$.

Так как собственным движением Луны можно пренебречь (между снимками время очень мало), то можно понять, что спутник совершит один оборот тогда, когда Земля на небе будет ~~находиться~~ в находиться в том же месте (на ~~том месте где~~ тех горизонтальных координатах, на которых она была в начале наблюдений)

Если между двумя снимками $\Delta\tau = 8с$, то ~~Δt~~ между первым и последним (шестым) $\Delta t = 40с$

=> найдём период спутника.

$$T = \frac{l}{v} = \frac{360°}{\omega} = \frac{360°}{\omega}.$$