

## 1) См. работу

### 2) Определение времени, прошедшего между снимками:

Заметим, что фаза Луны на фотопластинке  $\sim \frac{1}{4}$ . Измерить её точно не получится, поэтому для определения разницы во времени фотографий измерим  $\varphi$  — измерение углового расстояния от Луны до одной из планет (между снимками, очевидно, несколько часов, а за такое время перемещением Юпитера и Венеры (а она близка к элонгации) можно пренебречь).

Расстояние до правой планеты на снимке 1:

$$r_1 = \frac{5}{0,8} \cdot 30' \approx 187'$$

$$\frac{6,2}{1,2} \approx 5,2 \quad \frac{5}{0,8} \cdot 30 = \frac{25}{4} \cdot 30 = 187'$$

на снимке 2:

$$r_2 = \frac{6,2}{1,2} \cdot 30' \approx 156'$$

$$\frac{5,2}{30} = 1560$$

$$\Delta r = r_1 - r_2 = 187' - 156' = 31'$$

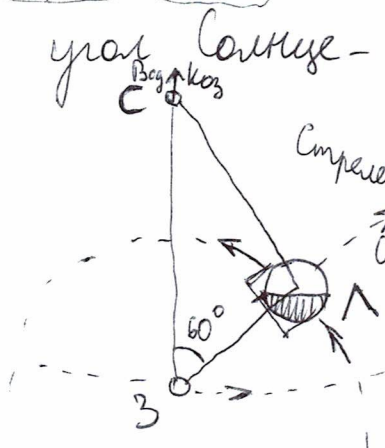
Как известно,  $\omega_D \approx 13,3''/\text{сут}$ . Тогда  $\tau = \frac{31}{13,3 \cdot 60} \cdot 24 \cdot 60 =$   
 $= \frac{31 \cdot 24}{13,3} \approx \boxed{56 \text{ мин}}$

$$\begin{array}{r} 31 \\ \times 24 \\ \hline 124 \\ 62 \\ \hline 744 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7440 \overline{) 133} \\ 665 \phantom{0} \\ \hline 790 \\ - 798 \\ \hline \phantom{00} \end{array}$$

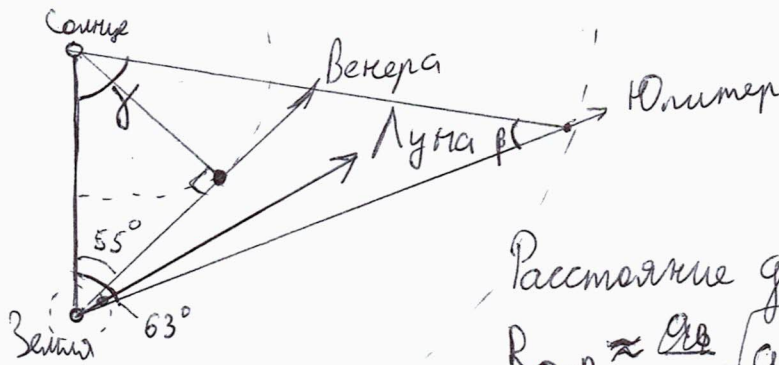
3) Луна движется в сторону тени  $\rightarrow$  она убывающая. Исходя из того, что  $\varphi \approx \frac{1}{4}$ ; угол Солнце-Земля-Луна равен около  $60^\circ$  ( $\varphi = \frac{1 + \cos \varphi}{2}$ )

Солнце при наблюдении с Земли 31 января находится между Козерогом и Водолеем, т.е. созвездие на зодиакальном круге занимает  $\sim 30^\circ$ . Значит, Луна находится в Стрельце (на границе Стрельца и Скорпиона)



4) Исходя из соображений, что обе планеты очень близко к ноду и луны (в районе  $5^\circ$ ), будем считать, что угол Венера отстоит от Луны на  $\frac{7}{0,8} \cdot 30' \approx 5^\circ$  Южнее (в сторону Луны и Солнца); а Юпитер на  $\frac{5}{0,8} \cdot 30' \approx 3^\circ$  дальше от Солнца по эллипсу.

Тогда  $\alpha_B = 60^\circ - 5^\circ = 55^\circ$      $\alpha_{Ю} = 63^\circ$



Расстояние до Венеры:

$$R_{\oplus-B} \approx \sqrt{a_{\oplus}^2 - a_B^2} \approx \sqrt{1 - 0,523} \approx \sqrt{0,477} \approx 0,69 \text{ a.e.}$$

( $55^\circ \approx \epsilon_B$ , значит Венера находится почти в элонгации, и угол Земля-Венера-Солнце  $\sim 90^\circ$ )

$\begin{array}{r} 0,723 \\ -0,723 \\ \hline 2169 \\ 1476 \\ \hline 5061 \\ \hline 0,522729 \approx 0,523 \end{array}$	$\begin{array}{r} 1000 \\ -523 \\ \hline 477 \end{array}$	$\begin{array}{r} \times 0,69 \\ 0,69 \\ \hline 621 \\ 414 \\ \hline 0,4761 \end{array}$
---	---	--

Расстояние до Юпитера:

$$R_{\oplus-Ю} = \sqrt{a_{\oplus}^2 + a_{Ю}^2 - 2a_{\oplus}a_{Ю}\cos\gamma} \cdot \frac{a_{Ю}}{\sin 63^\circ}$$

$$\gamma = 180^\circ - 63^\circ - \beta$$

$$\frac{\sin \beta}{a_{\oplus}} = \frac{\sin 63^\circ}{a_{Ю}} \quad \beta = \arcsin\left(\frac{\sin 63^\circ}{a_{Ю}} a_{\oplus}\right) = \arcsin\left(\frac{3,1}{3,5} \cdot 1\right) = \arcsin 0,88 \approx 11^\circ$$

$$\gamma = 180^\circ - 63^\circ - 11^\circ \approx 106^\circ$$

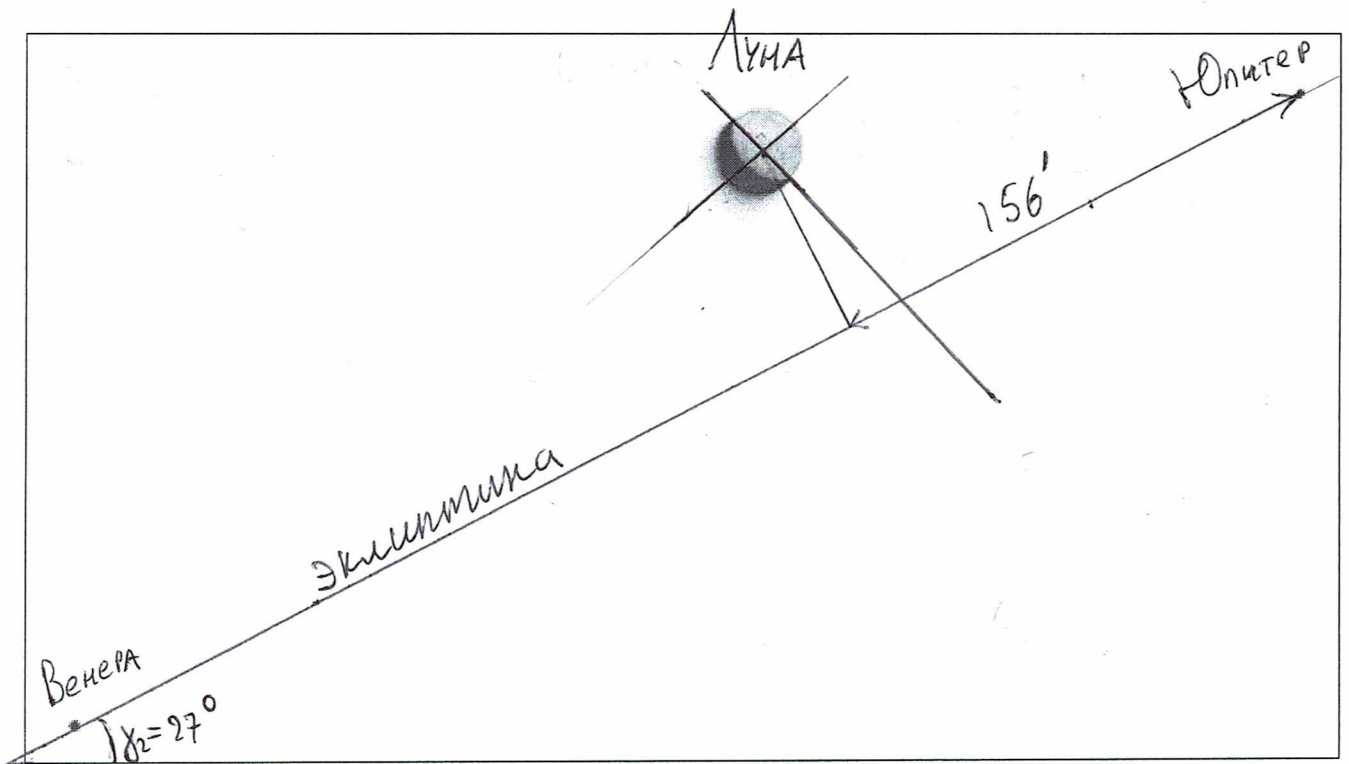
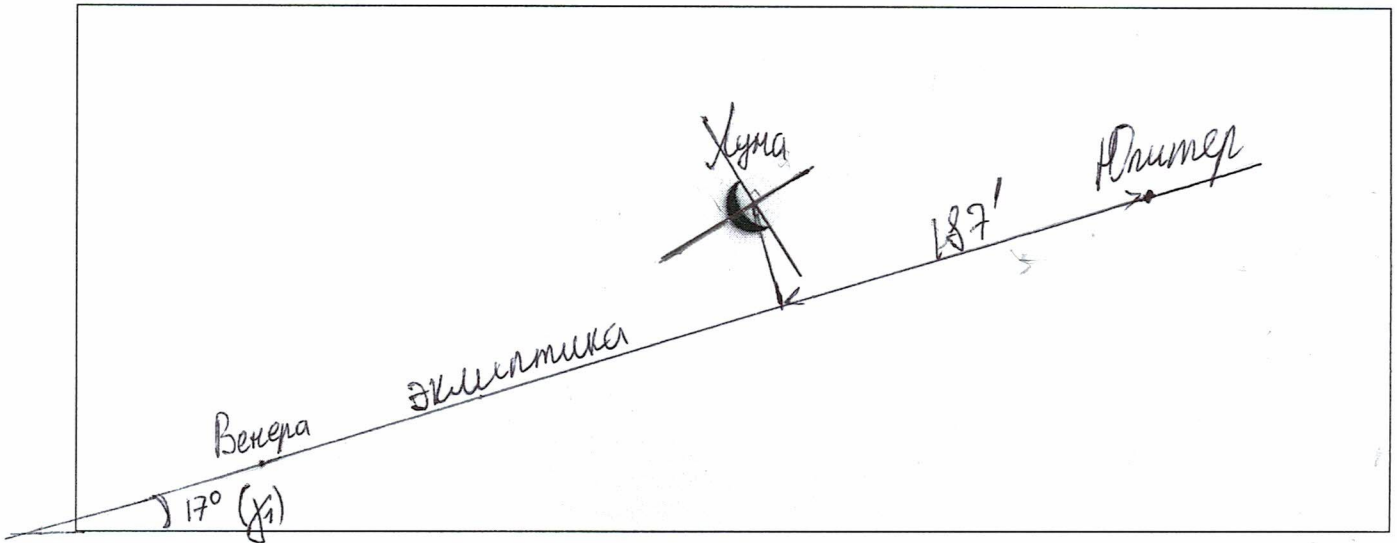
$$R_{\oplus-Ю} = \sin 106^\circ \cdot \frac{5}{\frac{3,1}{3,5}} = \frac{3,4}{3,5} \cdot \frac{3,5 \cdot 5}{3,1} = \frac{3,4}{3,1} \cdot 5 \approx 5,5 \text{ a.e.}$$

$$\begin{array}{r} 34 \overline{) 31} \\ -31 \\ \hline 30 \\ \hline 11 \end{array}$$





Жук-2



## 1) См. работу

2) Определение времени, прошедшего между снимками:

Заметим, что фаза Луны на фотопластинке  $\sim \frac{1}{4}$ . Измерить её точно не получится, поэтому для определения разницы во времени фотоснимков измерим  $\varphi$  — измерение углового расстояния от Луны до одной из планет (между снимками, очевидно, несколько часов, а за такое время перемещением Юпитера и Венеры (а она близка к элонгации) можно пренебречь).

Расстояние до правой планеты на снимке 1:

$$r_1 = \frac{5}{0,8} \cdot 30' \approx 187'$$

$$\frac{6,2}{1,2} \approx 5,2 \quad \frac{5}{0,8} \cdot 30 = \frac{25}{4} \cdot 30 = 187'$$

на снимке 2:

$$r_2 = \frac{6,2}{1,2} \cdot 30' \approx 156'$$

$$\frac{5,2 \cdot 30}{1560}$$

$$\Delta r = r_1 - r_2 = 187' - 156' = 31'$$

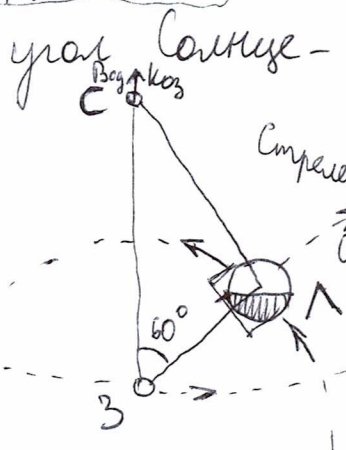
Как известно,  $\omega \approx 13,3^\circ/\text{сут}$ . Тогда  $\tau = \frac{31}{13,3 \cdot 60} \cdot 24 \cdot 60 =$

$$= \frac{31 \cdot 24}{13,3} \approx \boxed{56 \text{ мин}}$$

$$\begin{array}{r} 31 \\ \times 24 \\ \hline 124 \\ 62 \\ \hline 744 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7440 \overline{) 1133} \\ \underline{565} \phantom{0} \\ 568 \phantom{0} \\ \underline{790} \phantom{0} \\ -998 \phantom{0} \\ \phantom{0} \end{array}$$

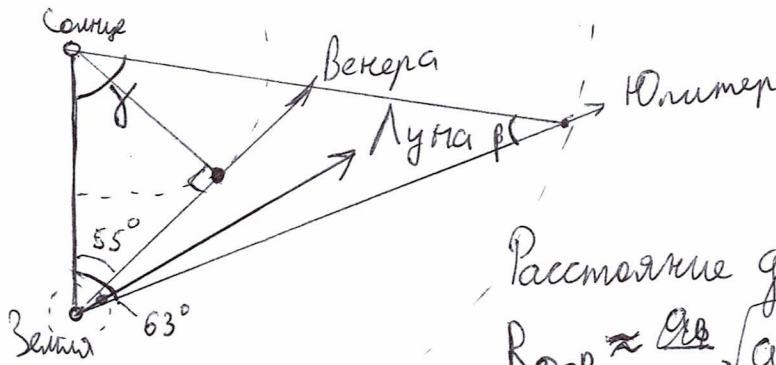
3) Луна движется в сторону тени  $\rightarrow$  она убывающая. Исходя из того, что  $\varphi \approx \frac{1}{4}$ , угол Солнце-Земля-Луна равен около  $60^\circ$  ( $\varphi = \frac{1 + \cos \psi}{2}$ )



Солнце при наблюдении с Земли 31 января находится между Козерогом и Водолеем, т.е. где на зодиакальном круге занимает  $\sim 30^\circ$ . Значит, Луна находилась в Стрельце (на границе Стрельца и Скорпиона)

4) Исходя из соображений, что обе планеты орбиты близки к кругу и Луне (в районе  $5^\circ$ ), будем считать, что угол Венера отстоит от Луны на  $\frac{7}{0,8} \cdot 30' \approx 5^\circ$  Южнее (в сторону Луны и Солнца); а Юпитер на  $\frac{5}{0,8} \cdot 30' \approx 3^\circ$  дальше от Солнца по эллипсису.

Тогда  $\alpha_B = 60^\circ - 5^\circ = 55^\circ$      $\alpha_{Ю} = 63^\circ$



Расстояние до Венеры:

$$R_{\oplus-B} \approx \sqrt{a_{\oplus}^2 - a_B^2} \approx \sqrt{1 - 0,523} \approx \sqrt{0,477} \approx 0,69 \text{ a.e.}$$

( $55^\circ \approx \epsilon_B$ , значит Венера находится почти в элонгации, и угол Земля-Венера-Солнце  $\sim 90^\circ$ )

$$\begin{array}{r} 0,723 \\ \times 0,723 \\ \hline 2169 \\ 1446 \\ \hline 5061 \\ \hline 0,522729 \approx 0,523 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1000 \\ \times 0,69 \\ \hline 621 \\ 414 \\ \hline 0,4761 \end{array}$$

Расстояние до Юпитера:

$$R_{\oplus-Ю} = \sqrt{a_{\oplus}^2 + a_{Ю}^2 - 2a_{\oplus}a_{Ю}\cos\gamma} \cdot \frac{a_{Ю}}{\sin 63^\circ}$$

$$\gamma = 180^\circ - 63^\circ - \beta$$

$$\frac{\sin \beta}{a_{\oplus}} = \frac{\sin 63^\circ}{a_{Ю}} \quad \beta = \arcsin\left(\frac{\sin 63^\circ}{a_{Ю}} a_{\oplus}\right) = \arcsin\left(\frac{3,1}{3,5} \cdot 1\right) = \arcsin 0,88 \approx 11^\circ$$

$$\gamma = 180^\circ - 63^\circ - 11^\circ \approx 106^\circ$$

$$R_{\oplus-Ю} = \sin 106^\circ \cdot \frac{3,1}{3,5} = \frac{3,4}{3,5} \cdot \frac{3,5 \cdot 5}{3,1} = \frac{3,4}{3,1} \cdot 5 \approx 5,5 \text{ a.e.}$$

$$\begin{array}{r} 34 \overline{) 31} \\ -31 \\ \hline 0 \end{array}$$

рисован окружность на черновике



5) Поскольку по условию азимуты центров фотографий примерно одинаковы, фотографии сделаны из точек ~~на~~ на примерно одинаковой высоте ( $\Delta h$  мала).

Каждым  $\Delta\varphi$  исходя из того, что по условию орбиты планет летят в плоскости эклиптики. Проведём линии, соединяющие планеты, на обеих фотографиях и измерим угол между этими линиями и горизонтом (нижним краем фотографии). Это угол между эклиптикой и горизонтом, назовём его  $\gamma$ .

$$\gamma_1 \approx 17^\circ$$

$$\gamma_2 = 28^\circ$$

$$\Delta\gamma = \Delta\varphi = 11^\circ$$

Тогда, учитывая малость  $\Delta\gamma$ ,  $R$  между точками на Земле равно  $2\pi R_0 \cdot \frac{11}{360} \approx 40000 \text{ км} \cdot \frac{11}{360} \approx \boxed{1200 \text{ км}}$

$$\begin{array}{r} 400 \overline{) 440000} \overline{) 360} \\ \underline{-360} \phantom{00} \\ 800 \phantom{00} \\ \underline{-720} \phantom{00} \\ 800 \phantom{00} \\ \underline{-720} \phantom{00} \\ 800 \phantom{00} \\ \underline{-720} \phantom{00} \\ 800 \phantom{00} \\ \underline{-720} \phantom{00} \\ 800 \phantom{00} \end{array}$$

Жука-2

