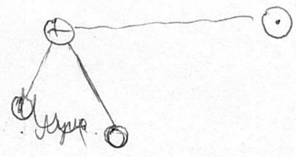
Сар-6 **КОД**

1) По серпу Луны видно, что Луна стареющая.



Из рисунка следует, что Венера не может находиться правее Луны, т.к. она внутренняя планета и не может отходить на малый угол от Солнца (>60°, см. далее)

Таким образом, справа Юпитер, слева Венера.

2) Определим масштаб на фотографиях, зная угловой размер Луны $\rho \simeq 32'$

$m_1 = \frac{32'}{0{,}8 см} = 40'/см$

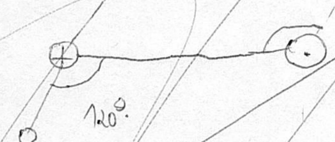
$m_2 = \frac{32'}{1{,}2 см} = \frac{8'}{0{,}3 см} = \frac{80}{3}\ '/см \simeq 26{,}7\ '/см$

Заметим, что угловое расстояние Луны до эклиптики $\approx 1°$. Т.е. Луна достаточно близко к узлу орбиты. Как известно, угол наклона орбиты Луны к эклиптике 5°09'. ~~Если рисовать орбиту Луны на данных фотографиях, то она окажется практически параллельна эклиптике.~~

Отношение $\rho_Ю / \rho_В = \frac{5{,}2}{7{,}5}$ – на первой. 19,1 см – расстояние от Ю до В на второй.

3) Определим фазу Луны. $\Phi = \frac{0{,}2}{0{,}8} = \frac{1}{4}$ (на втором снимке сложнее различить границу диска)

~~$\Phi = \frac{1+\cos\varphi}{2}$; $\cos\varphi = -\frac{1}{2}$; $\varphi = 120°$.~~



~~Если Земля отойдёт по орбите 120° назад, то мы увидим Солнце в том же созвездии, что и Луну 31 января.~~

~~120° соответствуют $\simeq 4$ месяцам.~~

~~В районе 30 сентября Солнце находится в Деве.~~

~~31 января Луна находилась в Деве~~

$\Phi = \frac{1-\cos\psi}{2}$, $\cos\psi = \frac{1}{2}$; $\psi = 60°$. Если Земля отойдёт по орбите назад на 60°, то Солнце окажется в том же созвездии, что и Луна 31 января.

$\psi = 60°$ соответствует $\simeq 2$ месяцам.

В районе 30 ноября Солнце находится в Змееносце.

31 января Луна была в Змееносце.

1 из 4

2 из 4

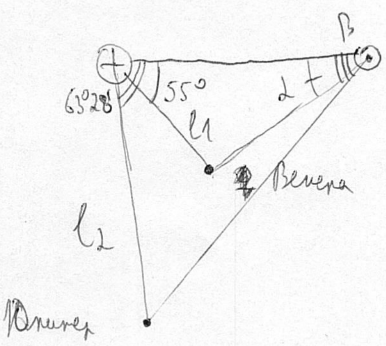
Сар-6 **КОД**

Угловой размер фотографии не очень большой. По условию, планеты лежат в одной плоскости, поэтому линия, соединяющая планеты на снимке показывает положение эклиптики.

$a_B = 0,7233$ а.е.; $a_Ю = 5,2028$ а.е.

$\rho_B = m_1 \cdot 7,5\text{ см} = 300' = 5^\circ$

$\rho_Ю = m_1 \cdot 5,2\text{ см} = 208' = 3^\circ 28'$



$$\frac{\sin 55^\circ}{a_B} = \frac{\sin\alpha}{l_1} = \frac{\sin(180^\circ - 55^\circ - \alpha)}{a_\oplus}$$

$$\sin\alpha = \frac{l_1 \sin 55^\circ}{a_B}; \quad \cos\alpha = \sqrt{1 - \frac{l_1 \sin 55^\circ}{a_B}}$$

$$\frac{a_\oplus \sin 55^\circ}{a_B} = \sin(55^\circ + \alpha)$$

$$\frac{a_\oplus \sin 55^\circ}{a_B} = \sin 55^\circ \cos\alpha + \cos 55^\circ \sin\alpha$$

$$\frac{a_\oplus^2 \sin^2 55^\circ}{a_B^2} + \sin^2 55^\circ \cos^2\alpha - \frac{2a_\oplus}{a_B}\sin 55^\circ \cos\alpha = \cos^2 55^\circ (1 - \cos^2\alpha)$$

$$\cos^2\alpha - \frac{2a_\oplus}{a_B}\sin 55^\circ \cos\alpha - \cos^2 55^\circ + \frac{a_\oplus^2 \sin^2 55^\circ}{a_B^2}$$

$$\cos\alpha = \frac{a_\oplus}{a_B}\sin 55^\circ \pm \sqrt{\frac{2a_\oplus^2 \sin^2 55^\circ}{a_B^2} + \cos^2 55^\circ \mp}$$

"+", т.к. $\alpha < 90^\circ$

$\cos\alpha_{max} = \frac{a_B}{a_\oplus}$

$$l_1^2 = a_B^2 + a_\oplus^2 - 2a_B a_\oplus \left(\frac{a_\oplus}{a_B}\frac{\sqrt3}{2} + \sqrt{\frac{2\cdot 3}{4\cdot 0,7233^2} + \frac14}\right)$$

55° близко к 60°.

$$l_1^2 = 1,523 - 2\left(\frac{\sqrt3}{2} + \sqrt{2\frac34 + \frac14 \cdot a_B^2}\right) =$$

$$= 1,523 -$$

$$\cos\alpha = \frac{a_\oplus}{a_B}\sin 55^\circ \pm \sqrt{\frac{a_\oplus^2}{a_B^2}\sin^2 55^\circ + \cos^2 55^\circ - \frac{a_\oplus^2 \sin^2 55^\circ}{a_B^2}} \quad a_B^2 \approx 0,523$$

$$\boxed{\cos\alpha = \frac{a_\oplus}{a_B}\sin 55^\circ \pm \cos 55^\circ}$$

"+", т.к. $\alpha < 50^\circ$ (макс. элонгация)

$$l_1^2 = a_B^2 + a_\oplus^2 - 2a_B a_\oplus\left(\frac{a_\oplus}{a_B}\sin 55^\circ + \cos 55^\circ\right) =$$

$$= a_B^2 + a_\oplus^2 - 2a_\oplus \sin 55^\circ - 2a_B a_\oplus \cos 55^\circ$$

$$\frac12 + \frac{1,4\cdot\sqrt3}{2} = 1,2 + \frac12 = 1,7 > 1 \Rightarrow$$

знак "−"

$1,71 \times 1,71 = 2,9241$; $1,71 \times 1,4 = 2,394$; $1,73 \times 1,73 = 2,9929$; $0,7233 \times 2 = 1,4466$; $0,72 \times 0,72 = 0,5184 \approx \frac12$; $0,723 \times 0,723 = 0,522729$; $100 : 72 = 1,4$

$$l_1^2 = a_B^2 + a_\oplus^2 - 2a_B a_\oplus\left(\frac{a_\oplus}{a_B}\sin 55^\circ - \cos 55^\circ\right) =$$

$$0{,}7233 \times 0{,}7233 = 0{,}52316289$$

$$1{,}72 \times 1{,}72 = 2{,}9584$$

Cap-6

КОД

$$= a_B^2 + a_\oplus^2 - 2a_\oplus \sin 55^\circ + 2a_B\cos 55^\circ$$

$55^\circ \approx 60^\circ$.

$$l_1^2 = 0{,}523 + 1 - \frac{2\cdot 1{,}72}{2} + 2\cdot 0{,}7233\cdot\frac{1}{2} = 0{,}7233 + 0{,}523 - 1{,}72 + 1 \approx$$

$$\approx 0{,}523;\quad l_1 \approx a_B = \cancel{0{,}72}\text{ а.е.}\quad \boxed{l_1 \approx 0{,}7\text{ а.е.}}$$

Аналогичное решение для Юпитера, только теперь для $\cos\beta$ «+», т.к. $a_{Ю} > a_\oplus$

$$\cos\beta = \frac{a_\oplus}{a_{Ю}}\sin 63{,}5^\circ + \cos 63{,}5^\circ;\qquad 63{,}5^\circ \approx 60^\circ;$$

$$l_2^2 = a_{Ю}^2 + a_\oplus^2 - 2a_{Ю}a_\oplus\left(\frac{a_\oplus}{a_{Ю}}\sin 63{,}5^\circ + \cos 63{,}5^\circ\right).$$

$$5{,}2 \times 5{,}2 = 27{,}04 \qquad 4{,}5 \times 4{,}5 = 20{,}25$$

$$l_2^2 = 27{,}0 + 1 - \frac{2\sqrt{3}}{2} - 2a_{Ю}\cdot\frac{1}{2}\ \text{а.е.}$$

$$28 - 6{,}92 = 21{,}08.$$

$$4{,}4 \times 4{,}4 = 19{,}36 \qquad 4{,}3 \times 4{,}3 = 18{,}49$$

$$l_2^2 = 28 - 1{,}72 - 5{,}2 = 21{,}08\text{ а.е.}$$

$$\boxed{l_2 \approx 4{,}6\text{ а.е.}}$$

$$191 : 127 = 1{,}503\ldots \qquad 4{,}6 \times 4{,}6 = 21{,}16$$

2) $\frac{5{,}2}{12{,}7}\cdot 19{,}1$ – ~~какое~~ $\rho_{Ю}$ на 2-ом снимке $\parallel$ 7,8 см.

$$5{,}2 \times 1{,}5 = 7{,}80 \qquad 267 \times 8 = 2136$$

$$\frac{30\cdot 24}{60\cdot 3600} = \frac{24\cdot 3}{6\cdot 3600} = \frac{12}{3600} = \frac{1}{300}\text{ ч.}$$

Луна сместилась на угол.

$$\gamma = m_2\cdot 0{,}8\text{ см} = 21{,}4'$$

γ – мал $\Rightarrow$ начальное пренебрежение движением планет было оправданным.

$$\boxed{\tau} = \frac{\gamma}{\omega} = \frac{\gamma}{360^\circ}\cdot 29{,}53\text{ дня} \approx \frac{21'\cdot 30}{360^\circ}\text{ дней} \approx \boxed{12\text{ c.}}$$

Верхний снимок сделан позже, т.к. Луна на первом снимке ближе к Венере.

3 из 4

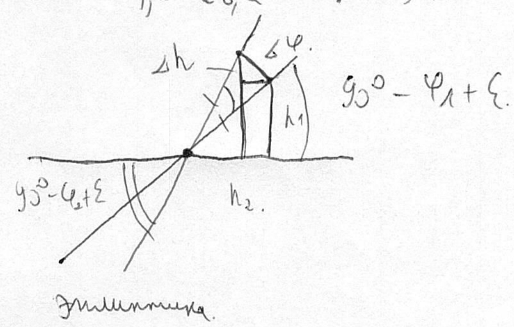
$$\begin{array}{r} 40 \\ \times\ 4{,}6 \\ \hline 240 \\ +\ 160\ \ \\ \hline 184{,}0 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 26{,}7 \\ \times\ 9{,}2 \\ \hline 534 \\ 2403\ \ \\ \hline 245{,}64 \end{array}$$

Сар-6	КОД

4) Т.к. азимуты были ≃ одинаковые, τ - мало, то нужно найти $\Delta\varphi$ пунктов.

$h_{ю1} = 4{,}6 \cdot 40 = 3^\circ 4'$

$h_{ю2} = 9{,}2 \cdot 26{,}7 = 4^\circ\ 5{,}64'$



$\Delta\varphi \simeq \Delta h = 1^\circ$, т.к. Юпитер на малой высоте над горизонтом, но на значительном угловом расстоянии от Солнца.

$\underline{L} = \Delta\varphi \cdot \dfrac{2\pi \cdot 6370\text{км}}{360^\circ} = \dfrac{6370\text{км}}{60} \simeq \boxed{160\text{ км}}$

$\boxed{4 \text{ из } 4}$

САР — 6