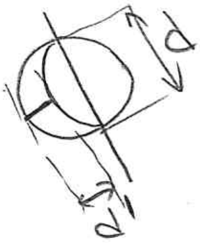
Каз-4

Так как наблюдатели находятся в Северном полушарии, можно заключить, что на кадрах изображена стареющая Луна, об этом свидетельствует вид Серпа. => дело было утром. Также по виду серпа можно установить, что направление на Солнце указывает куда-то в левую нижнюю часть кадра.

Зная, что диск Луны имеет размер около 0,5°, найдем масштабы кадров и измерим фазы. (Везде см. 6 лист)

(1)



$d = 8$ мм

$d' = 2$ мм

$\mu = 1°/16$ мм

$\Phi = \frac{d'}{d} = \frac{1}{4}$

(2)

$d = 11$ мм

$d' = 3$ мм

$\mu = 1°/22$ мм

$\Phi = \frac{d'}{d} = \frac{3}{11}$

=> Луна в обоих случаях находилась приблизительно в 45° от Солнца. Максимальная элонгация Венеры составляет около 47°. По первому кадру можно установить, что точка справа являться Венерой не может, слишком большое угловое расстояние.

=> Венера располагается ближе к Солнцу, в левой части кадров, Юпитер, соответственно, в правой.

Поскольку угловое расстояние между наиболее удаленными объектами достаточно мало ($\sim 8°$ В и Ю), можем пользоваться плоским приближением.

Сравним лунные фазы: $\frac{1}{4}$ и $\frac{3}{11}$, что есть $\frac{11}{44}$ и $\frac{12}{44}$

Давайте измерим и вычислим, насколько изменилось расстояние между планетами за время, прош. между снимками. По условию планеты на эклиптике, найдем её, соединив Венеру и Юпитер.

(1) $\Delta r = 127$ мм

$\Delta r° = \frac{127}{16} \approx 7{,}94°$

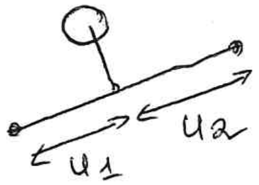
$127 : 16 = 7{,}937$ (127 − 112; 150 − 144; 60 − 48; 120)

(2) $\Delta r = 189$ мм

$\Delta r° = \frac{189}{22} = 8{,}59°$

$189 : 22 = 8{,}59$ (189 − 176; 130 − 110; 200 − 198; 20)

Для того, чтобы оценить расстояние до планет в момент события, оценим угловое расстояние между ними и проекцией Луны на эклиптику.



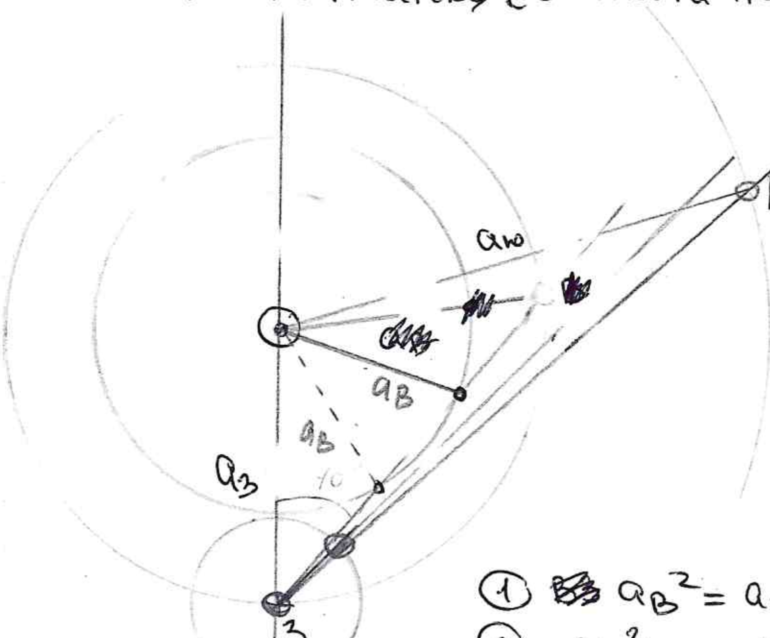
$u_1+u_2 \approx 8°$, как уже отмечалось ранее

Будем оценивать с точностью до градуса. Поскольку u_1+u_2 меняется меньше, чем на градус, для оценки u_1 и u_2 можем пользоваться любым кадром. Выбираю первый.

$u_1 = 75$ мм $\quad \mu = 1°/16$ мм $\quad$ В углах: $u_1 \approx 5°$

$u_2 = 52$ мм $\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad u_2 \approx 3°$

Рисуем картинку (схематично)



$a_З = 1$ а.е.

$a_В = 0,7$ а.е.

$a_Ю = 5,2$ а.е

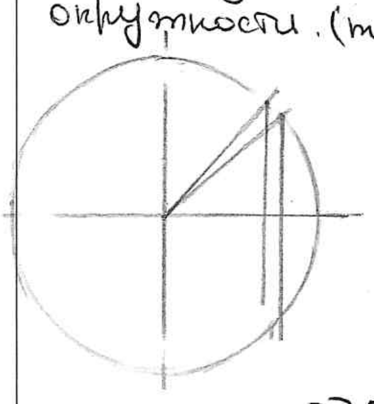
Нужно найти ЗВ и ЗЮ

Придется решать квадратное уравнение, ну поехали.

(1) $a_В^2 = a_З^2 + ВЗ^2 - 2a_З ВЗ \cdot \cos(40°)$

(2) $a_Ю^2 = a_З^2 + ЮЗ^2 - 2a_З ЮЗ \cdot \cos(48°)$

косинусы были оценены в черновике по единичной окружности. (там клеточки — удобно). Пусть и тут будет.



$\cos(40) \approx \frac{15}{20} \quad \cos(48) \approx \frac{13}{20}$

(1) $0,7^2 = 1 + ВЗ^2 - 2ВЗ \cdot \frac{15}{20}$

$ВЗ^2 - 1,5ВЗ + 0,51 = 0$

$D = b^2 - 4ac$

$D = 0,21 \quad \sqrt{D} \approx \sqrt{21}/10 = 0,45$

$\Rightarrow ВЗ_1 = \frac{1,5+0,45}{2} = \frac{1,95}{2} = 0,975 \approx 1$ а.е.

$ВЗ_2 = \frac{1,5-0,45}{2} \approx 0,5$ а.е.

Мы получили 2 корня — 1 а.е. и 0,5 а.е. Действительно, даже из рисунка видно, что поскольку элонгация Венеры меньше максимальной, то возможно 2 случая

$ВЗ_1 = 1$ а.е, $ВЗ_2 = 0{,}5$ а.е.

(2) $5{,}2^2 = ЮЗ^2 + 1^2 - 2ЮЗ\cos(48)$ $5{,}2^2 = 27{,}04 \approx 27$

$ЮЗ^2 - 1{,}3\,ЮЗ - 26 = 0$

$D = 1{,}3^2 + 4 \cdot 26 = 1{,}7 + 104 = 105{,}7$

$\sqrt{D}$ чуть больше 10. $10{,}4 \times 10{,}4 = 104{,}16$
пусть $\sqrt{D} \approx 10{,}4$

$ЮЗ_1 = \dfrac{1{,}3 + 10{,}4}{2} = \dfrac{11{,}7}{2} \approx 5{,}8 = 6$ а.е

$ЮЗ_2 = \dfrac{1{,}3 - 10{,}4}{2}$, получается меньше 0

$\Rightarrow ЮЗ = 6$ а.е.

Итого расстояние: от Земли до Венеры либо 0,5, либо 1 а.е.

от Земли до Юпитера 6 а.е.

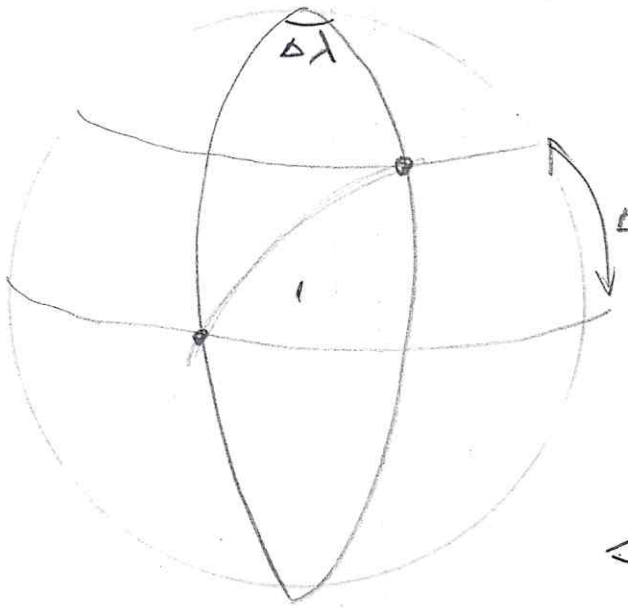
(5) Т.к. азимуты центров фотографий примерно равны, можно сказать, что разница долгот наблюдателей равна (примерно, конечно) разнице времен между снимками. Оно уже было найдено ранее, $\Delta t = 7^h 10^m \Rightarrow \Delta\lambda = 7{,}16 \cdot 15 \approx 117°$

В ~~разницу~~ угле между эклиптикой и горизонтом замита широта и некоторое ε

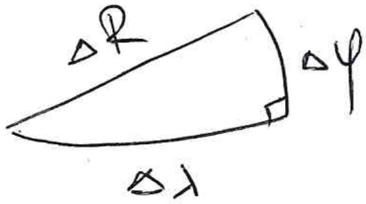
$\alpha = 90 - \varphi + \varepsilon \Rightarrow \alpha_2 - \alpha_1 = \varphi_1 - \varphi_2$

Измеряя углы, $\alpha_2 = 27°$, $\alpha_1 = 17°$

$\Rightarrow \varphi_1 - \varphi_2 = 10°$



можно посчитать это с помощью сферической тригонометрии, но у меня остается 5 минут. Сделаем так:



$1^\circ \approx 111$ км

$$\Delta R^2 = (111\cdot\Delta\lambda)^2 + (111\cdot\Delta\varphi)^2$$
$$= 111^2(\Delta\lambda^2 + \Delta\varphi^2)$$
$$= 12321(32041 + 100)$$
$$= 12321(32141)$$

Ладно, так нехорошо, ~~надо предполагать~~ надо широты найти. На этом всё :(

Kaz-4