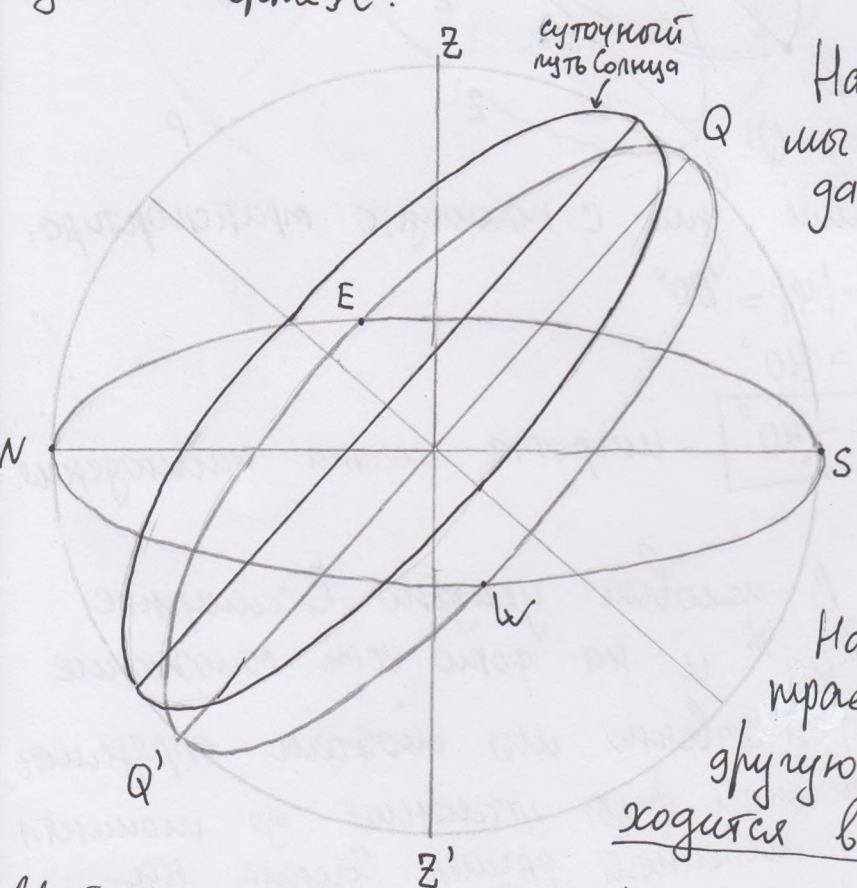


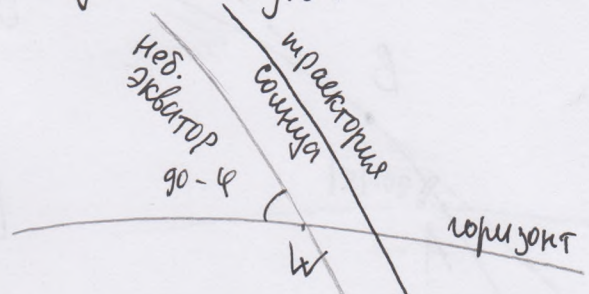
Решение:

Рассмотрим видимый путь Солнца по небесной сфере 2 июля, т.к. широту пункта наблюдения можно определить по некоторым элементам неб. сферы:

2 июля склонение Солнца было чуть меньше  $+23^{\circ}26'$ ; в течение суток оно двигалось параллельно небесному экватору. Сделаем чертёж:



Находимся на северном полушарии, мы бы наблюдали картину захода Солнца такую:



На фото же дуга суточной траектории Солнца наклонена в другую сторону  $\Rightarrow$  наблюдатель находится в южном полушарии  $\varphi < 0^{\circ}$

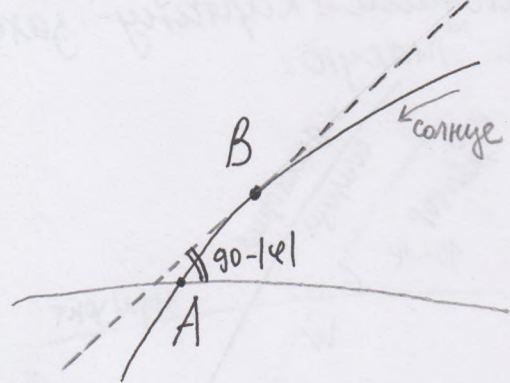
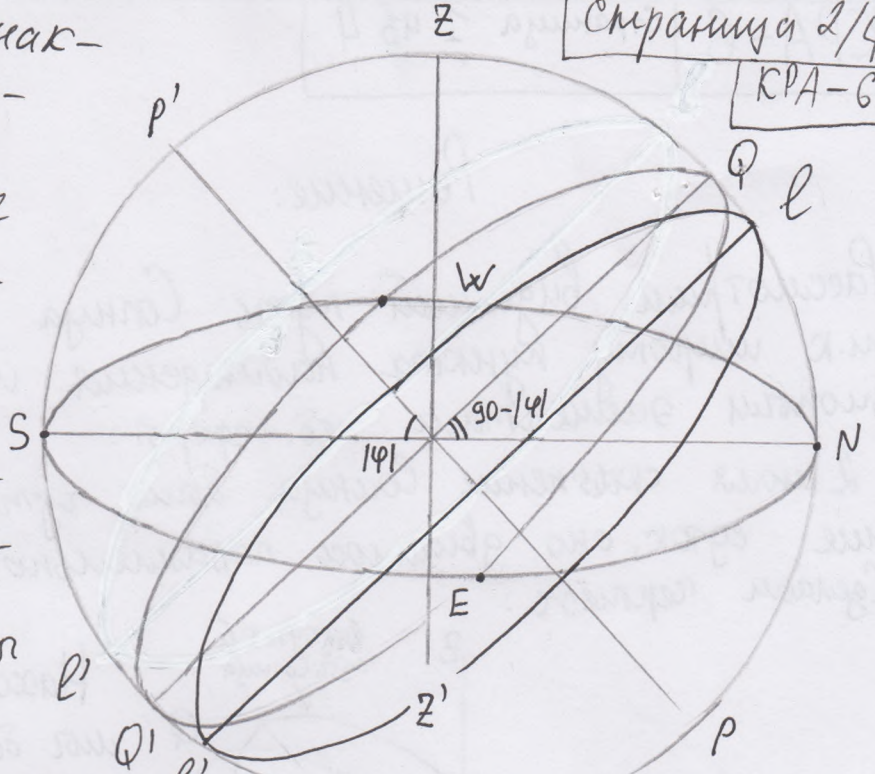
Изобразим южное полушарие неб. сферы и траекторию Солнца (на 2-ой странице). Теперь рисунок соответствует фото.

Т.к. Солнце движется  $\parallel QQ'$ , то угол наклона плоскости траектории его движения к горизонту соответствует углу  $90 - |\varphi|$ , где  $\varphi < 0^{\circ}$ . У нас в наличии только дуга захода Солнца. Поэтому мы можем провести касательную к этой дуге и найти угол  $90 - |\varphi|$ . Здесь есть один нюанс: масштаб фотографии достаточно большой, поэтому хорошо видно искривление этой дуги. Поэтому нужно правильно выбрать точку к которой будем проводить касательную.

Касательная к дуге обязательно должна быть  $\parallel$  прямой  $ll'$

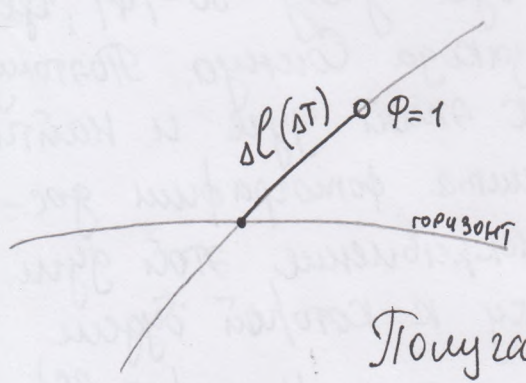


ши. 2рисунк), чтобы угол её наклона к горизонту соответствовал  $90^\circ - |\varphi|$ . Эта точка не будет соответствовать точке А (пересечению дуги  $l'l'$  с горизонтом), потому что Солнце движется не по большому кругу неб. сферы (из-за наклонения). Касательную необходимо провести к м.В, где происходит, как-бы её искривление вниз:



Измерим угол с помощью транспортира:  
 $90^\circ - |\varphi| = 60^\circ$   
 $|\varphi| = 30^\circ$   
 $\varphi = -30^\circ$  - широта места наблюдения.

Осталось определить долготу. В условии указано Всемирное время полной фазы -  $T_{\text{т}}(\varphi) = 20^{\text{h}} 40^{\text{m}}$  и на фото есть положение Солнца в этот момент. Соответственно мы можем определить, сколько времени прошло от полной фазы затмения до момента захода Солнца -  $\Delta T$ . Измерив линейный размер Солнца на изображении (лучше в момент полной фазы, хотя особо разницы не будет), соответствующий  $31'$  углового размера, мы можем определить угловой размер дуги движения Солнца от полной фазы до захода и перенести его во временные рамки:



Полная длина дуги  $l'l'$  равна:  
 $L = \omega_0 T_0 \cos \delta_0$ , где  $\omega_0$  - угловая скорость движения Солнца  $\omega_0 = 15^\circ/\text{час}$ ;  $T_0$  - солнечные сутки  $T_0 = 24^{\text{h}}$ ;  $\delta_0$  - склонение Солнца 21 июля.

Получаем пропорцию:

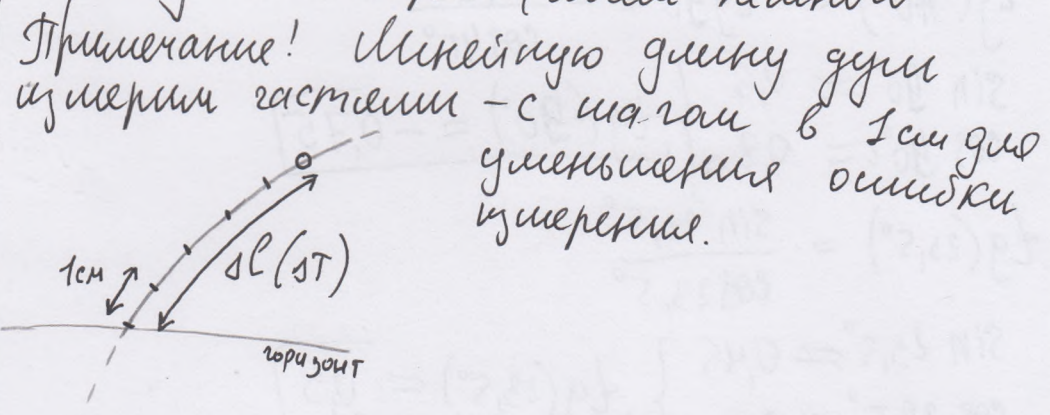
$L = \omega_0 T_0 \cos \delta_0$	—	$24^{\text{h}}$
$\Delta l$	—	$\Delta T$



Получаем время  $\Delta T$ : 
$$\Delta T = \frac{\Delta l \cdot 24^h}{\omega_0 \cos \delta_0} = \frac{\Delta l}{\omega_0 \cdot \cos \delta_0}$$

Заметим, что из-за атмосферы точное положение точки захода Солнца не видно, но дорисовав траекторию движения Солнца, мы большую ошибку не наберём (совсем маленькую нужно дорисовать).

Получаем:  
 $\rho_0 = 31' \text{ — } 2 \text{ мм}$   
 $\Delta l = 1131,5' \text{ — } 73 \text{ мм}$   
 $\Delta l = 18,86^\circ$  — от полноты фазы до захода.



Теперь определим  $\delta_0$ : т.к.  $\alpha$  со дня четких солнечных ил прошло всю  $9$  дней ( $\Delta t = 9^d$ ), к тому же около солнцестояний изменение склонения Солнца очень мала (по сравнению с  $9$  днями равноденствий) можно считать, что  $\delta_0$  (2 штая)  $= 23^\circ 26' \approx 23,5^\circ$ .

Определим  $\Delta T$ :  

$$\Delta T = \frac{18,86^\circ}{15 \frac{^\circ}{\text{час}} \cdot \cos(23,5^\circ)} ; \cos(23,5^\circ) \approx 0,9$$

$$\Rightarrow \Delta T \approx 1,3^h$$

Зная широту <sup>МЕСТА</sup> наблюдения и склонение Солнца можно определить часовой угол Солнца в момент его захода и, следовательно, местное время захода Солнца:

$$\begin{cases} \cos t_{(\text{ЗАХ})} = -\text{tg} \varphi \cdot \text{tg} \delta_0 \\ T_{\text{м(ЗАХ)}} = 12^h + t_{(\text{ЗАХ})} \end{cases}$$

Зная время полной фазы ( $T_{\text{т(Ф)}}$ ) и промежуток времени до момента захода —  $\Delta T$  можем определить Великое время захода Солнца:  $T_{\text{т(ЗАХ)}} = T_{\text{т(Ф)}} + \Delta T$



Тогда получаем:  $T_{\text{м(зак)}} = 12^{\text{h}} + t_{(\text{зак})} = T_{\text{ут(зак)}} + \lambda$   
 $\Rightarrow \lambda = 12^{\text{h}} + t_{(\text{зак})} - T_{\text{ут(зак)}} - \text{голова места наблюдения.}$

Займемся расчётами:  
 $\text{tg}(-30^\circ) = -\text{tg}30^\circ = -\frac{\sin 30^\circ}{\cos 40^\circ}$

$\left. \begin{matrix} \sin 30^\circ \approx 0,6 \\ \cos 30^\circ \approx 0,8 \end{matrix} \right\} \text{tg}(-30^\circ) = -0,75$

$\text{tg}(23,5^\circ) = \frac{\sin 23,5^\circ}{\cos 23,5^\circ}$

$\left. \begin{matrix} \sin 23,5^\circ \approx 0,45 \\ \cos 23,5^\circ \approx 0,9 \end{matrix} \right\} \text{tg}(23,5^\circ) = 0,5$

$\Rightarrow \cos t_{(\text{зак})} = -(-0,75) \cdot 0,5 = 0,75 \cdot 0,5 = 0,375$

$t_{(\text{зак})} \approx 73^\circ \text{ — } 4,87^{\text{h}}$

$\lambda = 12^{\text{h}} + t_{(\text{зак})} - T_{\text{ут(зак)}} = 12^{\text{h}} + t_{(\text{зак})} - T_{\text{ут(Ф)}} - \Delta T$

$\lambda = -5,1^{\text{h}} \text{ — } -76,5^\circ$

$\Rightarrow \lambda = 76,5^\circ \text{ з.г.} - \text{голова места наблюдения}$

Ответ:  $30^\circ$  ю.ш ;  $76,5^\circ$  з.г.

Все значения синусов и косинусов определим по графикам:  $y = \sin x$   
 $y = \cos x$

