

Дано:

 $\lambda, \varphi - ?$ 

$$T_F = 20^h 40^m$$

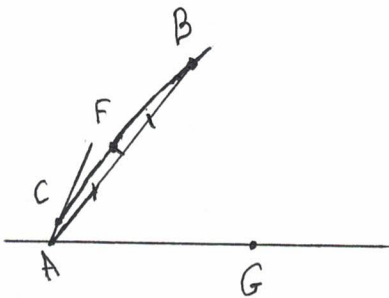
 $d = 2$  июля

1) Для того что бы найти широту места наблюдения, рассмотрим траекторию движения Солнца.

1. На масштабе данной фотографии траектория имеет форму дуги

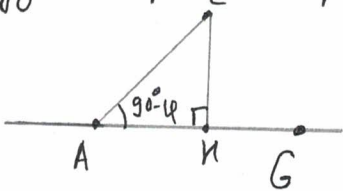
2. Точка заката Солнца не отображена на фотографии

Исходя из этих фактов, сделаем следующее. Построим хорду, соединяющую точку заката и ещё одну точку траектории симметрично относительно точки заката.



т. А - точка заката

2) Далее, построим касательную к этой дуге (примерную), соединив точку А и последний видимый диск (а значит и точку траектории) - точку С. Тогда угол  $\angle CAG$  (угол между касательной и горизонтом) будет примерно равен  $90^\circ - \varphi$ .



(на малых масштабах сферический треугольник можно рассматривать как плоский.)

3) Измерив с помощью транспортира угол  $\angle CAG$ , можно найти широту

$$\angle CAG \approx 55^\circ \rightarrow 90^\circ - \varphi = 55^\circ \rightarrow \varphi = 35^\circ$$

4) Для того что бы найти долготу места наблюдения, воспользуемся формулами сферической тригонометрии.

$$\cos t = \frac{\sin h - \sin \varphi \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta}$$

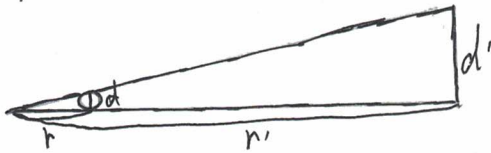
$$\text{где } 1. t = t_0 + \lambda = T_F - 12^h + \lambda$$

$$2. \delta = \varepsilon \cdot \sin(360^\circ \cdot \frac{d}{T_\oplus}) , \quad \varepsilon \approx 23,5^\circ$$

$$3. h = h_0$$

$$4. \varphi = 35^\circ$$

5) Для того это бы найти высоту солнца над горизонтом, определим масштаб изображения



методом параллакса, определим угловой диаметр солнца (две точки затмения)

$$d_\odot \approx 2 \text{ мм} ; \quad \Delta_\odot \approx 30'$$

$$\mu = \frac{30'}{2 \text{ мм}} = \frac{1^\circ}{4 \text{ мм}} , \quad \text{мм} \quad 4 \text{ мм} \leftrightarrow 1^\circ$$

Далее, опустим перпендикуляр из точки центра солнца к горизонту.  $H = 58 \text{ мм} \rightarrow h_0 = h \approx 14,5^\circ = \mu \cdot H$

6) Найдем склонение солнца.  $d$  - это количество дней, прошедших со дня весеннего равноденствия.  $d = (31 - 22) + 30 + 2 + 31 = 72 \text{ дн.}$

$$T_\oplus \approx 360 \text{ дн.} \quad \text{Тогда :}$$

$$\delta = 23,5^\circ \cdot \sin(360^\circ \cdot \frac{72}{360}) = 23,5^\circ \cdot \sin 72^\circ \approx 21,5^\circ$$

$\sin 72^\circ \approx \frac{57}{60}$

7) Для того это бы найти  $\lambda$ , преобразуем следующую выражение:

$$\cos \lambda = \cos(t_0 + \lambda - t_0) = \cos(t - t_0) = \cos t \cdot \cos t_0 + \sin t \cdot \sin t_0 ,$$

$$\text{где } t_0 = T_F - 12^h = 8^h 40^m = 130^\circ$$

$$8) \cos t = \frac{\sin h - \sin \varphi \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta}, \text{ где}$$

$$\sin h \approx \frac{15}{60}$$

$$\sin \varphi \approx \frac{35}{60}$$

$$\cos \varphi \approx \frac{49}{60}$$

$$\sin \delta \approx \frac{22}{60}$$

$$\cos \delta \approx \frac{56}{60}$$

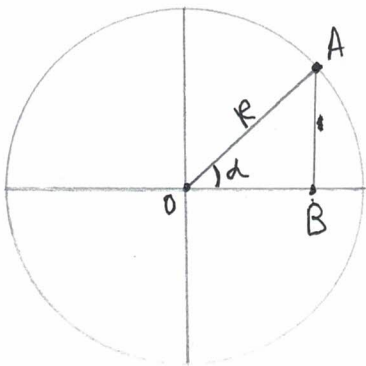
$$\Rightarrow \cos(t) = \frac{\frac{15}{60} - \frac{22 \cdot 35}{60 \cdot 60}}{\frac{49 \cdot 56}{60 \cdot 60}} = \frac{15 \cdot 60 - 22 \cdot 35}{49 \cdot 56} = \frac{2 \cdot 5(3 \cdot 30 - 11 \cdot 7)}{49 \cdot 56} = \frac{130}{49 \cdot 56} \approx \frac{3}{60} \rightarrow \sin t \approx \frac{59}{60}$$

$$9) \cos \lambda = \cos t \cdot \cos t_0 + \sin t \cdot \sin t_0 = -\frac{37 \cdot 3}{3600} + \frac{59 \cdot 46}{3600} =$$

$$= \frac{2714 - 111}{3600} = \frac{2603}{3600} \approx \frac{43,4}{60} \rightarrow \lambda = \pm 43^\circ = \text{~~2h 48m~~ } \pm 2^h 48^m$$

10)  $\lambda < 0$ , так как  $T'_A = T_A + \lambda$ , где  $T_A > T_F$ ,  $T_A$  - время захода по всемирному времени,  $T'_A$  - время захода по местному времени, то при  $\lambda > 0$  время захода по местному времени будет больше  $T'_A > T_F + \lambda = 20^h 40^m + 2^h 48^m = 23^h 28^m$ , что на широте  $\varphi = 35^\circ$  невозможно. А значит  $\lambda = -2^h 48^m$

11) Измерение  $\sin \alpha$  и  $\cos \alpha$ .



$$\sin \alpha = \frac{AB}{R}, \text{ где } R = 60 \text{ мм}$$

$$\cos \alpha = \frac{OB}{R}$$

1. Соответственно, где  $\sin \alpha$  или  $\cos \alpha$  угол строится по транспортиру
2. где  $\alpha$ , строится  $AB = \sin \alpha \cdot R$  или  $OB = \cos \alpha \cdot R$

Ответ:  $\varphi = 35^\circ$ ,  $\lambda = -2^h 48^m$