

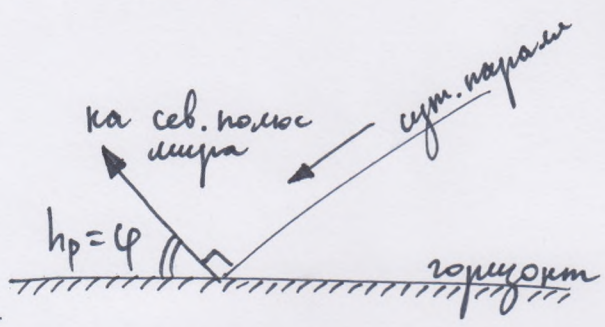
Найдём масштаб фотографии. Вблизи 2 июля Земля находится в афелии своей орбиты. Поэтому за видимый угол свой диаметр Солнца возьмём $\delta_0 = 30'$

Измерим линейный диаметр диска Солнца на фотографии: $d = 2 \text{ мм}$

Тогда получим масштаб u :

$$u = \frac{\delta}{d}; u = \frac{30'}{2 \text{ мм}} = 15 \text{ ' / мм}$$

Пренебрежём движением Солнца по эллиптике за время затмения и будем учитывать только его суточное движение. Очевидно, затмение происходит в плоскости его суточной параллели. Тогда направление на северный полюс мира - это направление, перпендикулярное серии снимков:

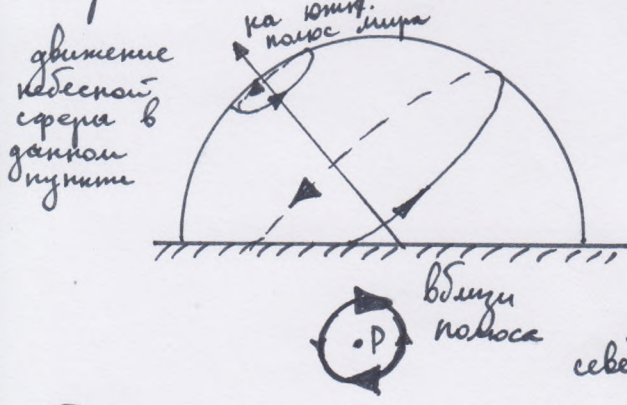


u и широта места наблюдения. Это угол образованный направлением на северный полюс мира и горизонтом.

По фотографии определим

$$\varphi = \arctg \frac{35 \text{ мм}}{47 \text{ мм}} \approx 35^\circ$$

Как скоро затмение произошло на закате, Солнце движется в левый нижний угол фотографии \Rightarrow в этом же направлении вращается вся небесная сфера:



Тогда получаем, что вблизи полюса мира это вращение происходит по часовой стрелке \Rightarrow южное полушарие

$$\varphi = 35^\circ \text{ ю.ш.} = -35^\circ$$

Значит, мы определили направление не на северный, а на южный полюс мира.

Вблизи 2 июля происходит летнее солнцестояние $\Rightarrow \delta_0 \approx 23,5^\circ$

КРА-7 Стр. 2 из 4

склонение Солнца.
Известна формула часового угла захода и восхода светила:

$$\cos t = -\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta, \text{ где } t - \text{ часовый угол}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg}(-35^\circ) \approx -\frac{35}{47}$$

$$\operatorname{tg} \delta_0 = \operatorname{tg}(+23,5^\circ) \approx \operatorname{tg} 20^\circ = \frac{1}{1,7} \approx \frac{1}{1,7}$$

$$\cos t = -\left(-\frac{35}{47}\right) \cdot \frac{1}{1,7} = \frac{35^{10}}{47 \cdot 1,7} = \frac{20}{47} \Rightarrow t = \arccos\left(\frac{20}{47}\right) \approx \pm 70^\circ \approx \pm 4^{\text{h}} 40^{\text{m}}$$

- это подтверждает наши "предположения" о времени захода Солнца, т.к. дано световое для мск. Везь между звездным временем и часовым углом Солнца:

$$S = t + 12^{\text{h}}; S = 4^{\text{h}} 40^{\text{m}} + 12^{\text{h}} = 16^{\text{h}} 40^{\text{m}} - \text{ время захода звездное}$$

Разница между средним и звездным временем определяется как кол-во месяцев, прошедшее с 23 сентября (осеннее равноденствие) до данного момента, умноженное на 2:

$$N = 9 \frac{1}{3} \text{ месяцев}$$

$$\Delta t = 2^{\text{h}} \cdot \left(9 + \frac{1}{3}\right) = 18^{\text{h}} \frac{2}{3} = 18^{\text{h}} 40^{\text{m}}$$

$S = \Delta t + T$, где T - среднее солнечное время в данной точке.

$$T = S - \Delta t$$

$$T = 16^{\text{h}} 40^{\text{m}} - 18^{\text{h}} 40^{\text{m}} = -2^{\text{h}} = \boxed{22^{\text{h}}} \text{ среднее солнечное время захода Солнца}$$

Определим величину времени захода Солнца. При затмении движение Луны "накладывается" на суточное движение Солнца, происходящее со скоростью ω , равной

$$\omega = \frac{360^\circ}{24^{\text{h}}} = 15^\circ/\text{час} = 15 \cdot \frac{3600}{60 \cdot 4} \text{ "/мин} = 900 \text{ "/мин} = 15 \text{ ' /мин}$$

Измерим линейное расстояние от точки захода до пол-ной фазы:

$$D = 74 \text{ мм, и умовее}$$

$$D = 74 \cdot 15 = 1110 \text{ '}$$



Такое расстояние Солнце проходит за время τ , равное

$$\tau = \frac{D [']}{\omega ['/мин]} ; \tau = \frac{1110}{15} = 74 \text{ мин} \approx 1^h 15^m$$

Тогда Всемирное время захода UT, равно

$$UT = 20^h 40^m + 1^h 15^m = 21^h 55^m$$

Связь между временем местным и всемирным такова:

$$T = UT + \lambda, \text{ где } \lambda - \text{долгота местности}$$

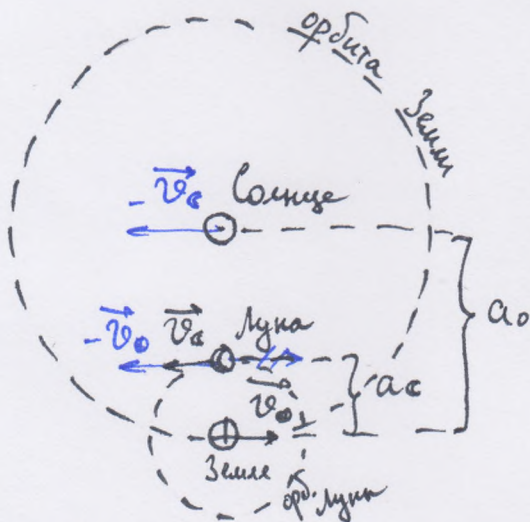
$$\lambda = T - UT$$

$$\lambda = 22^h - 21^h 54^m = 06^m = \left(\frac{6}{60}\right)^h = \left(\frac{1}{10}\right)^h \approx \boxed{1,5^\circ \text{ в.д.}}$$

Существует аналитический способ вычисления долготы, но за исключением калькулятора он даст худший результат.

Можно было бы поступить так:

- 1) Найти относительную угловую скорость движения Луны и Солнца в небе Земли:



$$\omega_{\text{Солн}} = \frac{v_{\text{С}} + v_{\oplus}}{a_{\text{С}}}$$

$$\omega_{\text{Лун}} = \frac{v_{\oplus}}{a_0}$$

$$\omega_{\text{Вотн}} = \omega_{\text{Солн}} + \omega_{\text{Лун}} = \frac{v_{\text{С}} + v_{\oplus}}{a_{\text{С}}} + \frac{v_{\oplus}}{a_0}$$

За время T_3 затмения Луна проходит свой угловой диаметр $\beta_{\text{С}}$ и угловой диаметр β Солнца

$$\beta' = \beta_{\text{С}} + \beta - \text{угловой путь Луны}$$

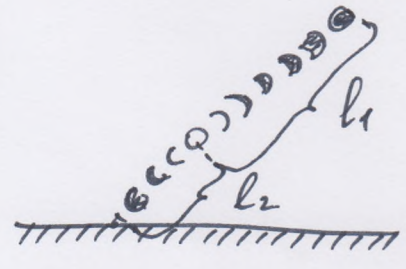
$$\beta_{\text{С}} = \beta, \text{ т.к. затмение полное}$$

$$\beta' = 2\beta$$

Тогда время затмения T_3 равно

$$T_3 = \frac{r'}{\omega_{\text{затм}}} = \frac{2r}{\frac{v_c + v_{\odot}}{a_c} + \frac{v_{\odot}}{a_0}}$$

2) Измерить длину пути Солнца от начала затмения до максимальной фазы, к-рая соответствует $\frac{1}{2} T_3$:
и измерить длину l_2 пути от максимальной фазы до захода.



Тогда,
$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{0,5 T_3}{\Delta T}$$

и таким образом всемирное время захода будет равно

$$UT_3 = UT + \Delta T, \text{ где}$$
$$UT = 20^h 40^m \text{ (из условия)}$$

Далее аналогично вычислить дальность.

Примечание:

- 1) При измерении масштаба фотопластин для большей точности необходимо было бы воспользоваться методом рядов и вблизи начала затмения измерить несколько дисков, а затем разделить полученную длину на их кол-во.
- 2) Мы воспользовались плоским приближением и полагаем участок сферы, на котором запечатлено движение Солнца плоским для значительного упрощения расчётов.