

Средний размер солнца на небе составляет $\sim 0,5^\circ$.

На данной фото измерим диаметр солнца линейкой - $\sim 3,5$ мм. Высота солнца (расстояние от нижнего края фото до центра солнца) на картинке также измерим линейкой - $\sim 10,5$ см = 105 мм. Значит высота солнца над горизонтом h в угловых единицах: $h = \frac{105}{3,5} \cdot 0,5^\circ = \underline{\underline{15^\circ}}$.

Для определения широты рассчитаем склонение солнца 4 декабря - 18 дней до зимнего солнцестояния:

$$\delta_0 = -\epsilon \cdot \cos\left(\frac{18 \cdot 360}{365,25}\right) \approx -\epsilon \cdot \cos(18^\circ), \quad \cos(18^\circ) \text{ из единичной окр.}$$

$$\sim \frac{38}{40} = \frac{19}{20} \Rightarrow \delta_0 = -23,5^\circ \cdot \frac{19}{20} \approx 22^\circ.$$

Заметим, что за всё время затмения высота солнца практически не меняется \Rightarrow солнце близко к южной или северной широте. Рассмотрим 2 случая южной широты:

1) верхняя: $h = 90^\circ - |\varphi - \delta_0|$

$$15^\circ = 90^\circ - |\varphi + 22^\circ| \Rightarrow |\varphi + 22^\circ| = 75^\circ$$

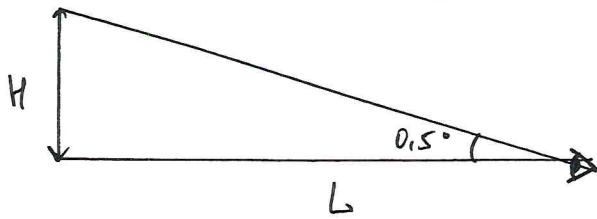
$$\begin{cases} \varphi = 53^\circ - \text{не подх.} \\ \varphi = -97^\circ - \text{не бывает} \end{cases}$$

2) нижняя: $h = |\varphi + \delta_0| - 90^\circ$

$$15^\circ = |\varphi - 22^\circ| - 90^\circ \Rightarrow |\varphi - 22^\circ| = 105^\circ$$

$$\begin{cases} \varphi = 127^\circ - \text{не бывает} \\ \varphi = \underline{\underline{-83^\circ}} \end{cases}$$

Заметим, что лодки на картинке в высоту $\sim 3,5$ м, как и Солнце, \Rightarrow их угловой размер $\sim 0,5^\circ$. Средний рост человека примем $H = 180$ см.



$$\frac{H}{L} = \tan(0,5^\circ) \approx \frac{0,5 \cdot 3600}{206265} \approx \frac{0,5 \cdot 3600}{200000} = 9 \cdot 10^{-3}$$

$$\Rightarrow L = \frac{H}{9} \cdot 10^3 = \frac{1,8 \text{ м}}{9} \cdot 10^3 = \underline{\underline{200 \text{ м}}}$$

Мы выяснили, что фото сделано вблизи Южного полюса - там небесная сфера вращается для наблюдателя против часовой стрелки \Rightarrow Солнце движется справа налево. Луна, если смотреть с ЮП, движется по орбите вокруг Земли по часовой стрелке. Период её обращения меньше периода обращения Земли вокруг Солнца \Rightarrow Луна обгоняет Солнце \Rightarrow относительно него движется слева направо.

Расстояние между Солнцами на соседних кадрах одинаковое \Rightarrow кадры делались через равные промежутки времени.

Угловая орбитальная скорость Луны относительно Солнца.

$$\omega = \frac{360^\circ}{T_{\text{лун.}}} = \frac{360^\circ}{29,5 \text{ сут}} \approx 12^\circ/\text{сут.}$$

Затмение начинается, когда край диска Луны касается края диска Солнца, заканчивается, когда диск Луны полностью уходит с диска Солнца \Rightarrow Луна проходит отн. Солнца путь $l = \rho_n + \rho_s = 1^\circ \Rightarrow$ полное время затмения $T = \frac{l}{\omega} = \frac{1^\circ}{12^\circ/\text{сут}} = \frac{1}{12} \text{ сут} = 2 \text{ часа}$.

На фото сделано 32 кадра, т.е. между ними 32 промежутка \Rightarrow между последовательными кадрами: $\Delta t = \frac{T}{32} = \frac{120 \text{ мин}}{32} \approx \underline{4 \text{ мин}}$.

Ответ: $h = 15^\circ$, $\varphi = -83^\circ$, $L = 200 \text{ м}$, Солнце - влево, Луна - вправо, $\Delta t = 4 \text{ мин}$.

* Картинка для пункта про движение Луны и Солнца: (масштаб не соблюден для удобства) вид с ЮП эки. (там и ЮП Земли)

