



XXIX Санкт-Петербургская
астрономическая олимпиада
практический тур, решения

2022
13
марта

9 класс

Вам дан коллаж фотографий затмения, произошедшего 4 декабря. Определите высоту Солнца над горизонтом в момент максимальной фазы затмения, широту места наблюдения, расстояние до людей на крыше здания от места съемки. Определите, куда движется Солнце относительно наблюдателя (влево или вправо) и куда движется Луна относительно Солнца. Найдите время, через которое делались кадры для коллажа. Можно считать, что нижняя граница изображения параллельна математическому горизонту.



Решение (20 баллов):

Вычислим склонение Солнца δ_{\odot} 4 декабря. Это можно сделать, например, так. 23 декабря его склонение $-23^{\circ}.4$, а фото сделано за 19 дней до зимнего солнцестояния. Тогда, считая, что склонение Солнца меняется по синусоиде, можно воспользоваться формулой:

$$\begin{aligned}\delta_{\odot} &= -23.4 \cos\left(\frac{19}{365} \cdot 2\pi\right) \approx -23.4 \left(1 - \frac{1}{2} \left(\frac{38\pi}{365}\right)^2\right) \approx -23.4 \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi^2}{10^2}\right) \approx \\ &\approx -23.5 \left(1 - \frac{1}{20}\right) = -23.4 + 1.2 = -22^{\circ}.2 \approx -22^{\circ}.\end{aligned}$$

При таком склонении Солнце движется по небу с угловой скоростью

$$\omega_{\odot} = \frac{360^{\circ}}{24^h} \cos(-22^{\circ}) \approx 15 \left(1 - \frac{1}{2} \left(\frac{22^{\circ}}{57^{\circ}} \right)^2 \right) \approx 15 \left(1 - \frac{0.15}{2} \right) = 15 \cdot 0.93 = 14^{\circ}/\text{час}.$$

Угловой диаметр Солнца составляет 0.5° , измеряя линейкой получаем, что за время фотографирования его центр прошел 22° . Всего на коллаже 33 солнышка. Значит фотографии делались каждые

$$\frac{22^{\circ}}{14^{\circ} \cdot 32} \cdot 60 \text{ минут} \approx 2.9 \text{ минуты}.$$

Обратим внимание на тот факт, что дуга малого круга (по которой движется Солнце в течение суток) параллельна нижней границе изображения, которая параллельна горизонту. Такое может быть около верхней кульминации (но тогда было бы заметно искривление траектории Солнца) или если наблюдения производятся с Северного или Южного полюса Земли. В данном случае очевидно, что это Южный полюс (в декабре на Северном полюсе полярная ночь).

Так как наблюдения проводятся с Южного полюса, то направление движения Солнца на фотографии — справа налево. Луна движется навстречу Солнцу, и она движется слева направо (если быть точнее, то при этом еще и снизу вверх под небольшим углом траектории Солнца — это определяется по фазам затмения).

Отсюда же следует высота Солнца над горизонтом: она просто равна модулю склонения, то есть это 22° .

Для оценки расстояния до людей на фото необходимо оценить рост какого-либо человека или любую другую линейную величину. Например, можно заметить, что общий размах рук пятерых человек (от правой руки самого левого человека до левой руки самого правого) в три раза больше, чем видимый угловой размер Солнца. Взрослому человеку достаточно 1 метра, чтобы комфортно стоять с поднятыми руками, так что общая длина здесь около 5 метров.

Если 5 метров выглядят как 1.5° , то фотоаппарат должен находиться на расстоянии L :

$$\frac{5 \text{ м}}{L} = \frac{1.5^{\circ}}{57^{\circ}} \quad \Rightarrow \quad L = \frac{5 \times 57}{1.5} = 190 \text{ м}$$

Можно заметить, что на фото есть два радиотелескопа. Слева — South Pole Telescope (направлен вправо, диаметр 10 метров), справа — ВИСЕР (направлен вверх). Они расположены всего в 1.2 км от Южного полюса.