

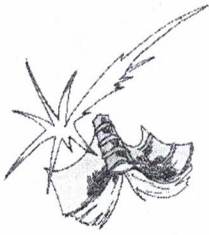
1) Уширшем диаметр 1 изображения Солнца на фотопластини. Выберем одно из крайних изображений: они ~~уже~~ имеют практически круглую форму, не деформированы гравитационно линией. Определим, что диаметр изображения Солнца равен 3 мм, это соответствует угловому размеру  $0,5^\circ$  диаметра Солнца. Проведем поэтю линию горизонтально и начертим прямую, соединяющую центры всех изображений Солнца. Уширшем расстояние между прямыми. Так расстояние от центра Солнца в ближайшей точке до горизонта равно  $\sim 92$  см на рисунке. Если 3 мм на изображении соответствуют угловому расстоянию  $0,5^\circ$ , то  $92 \text{ мм} \rightarrow \beta$

$$\frac{92 \text{ мм}}{3 \text{ мм}} \cdot 0,5^\circ \approx 15,3^\circ.$$

2) 4 декабрь - это недалеко от дня зимнего солнцестояния, 22 декабря (на 18 сут. раньше). В течение года склонение Солнца меняется от  $+23^\circ 26'$  до  $-23^\circ 26'$ , и равно  $0^\circ$  в дни равноденствий: 23 сентября и 21 марта. Уширшается в промежутке между этими датами оно неравномерно, но 4 декабря недалеко от 22, и на этой участке мы можем пренебречь нелинейностью и посчитать: за в среднем  $\frac{365}{4} \approx 91$  сутки склонение меняется на  $\sim 23,4^\circ$ , значит, за 8 суток изменится на  $\Delta \delta = 23,4 \cdot \frac{8}{91} \approx 2,1^\circ \Rightarrow$  склонение Солнца 4 декабря  $\approx 23,4^\circ + 2,1^\circ = 25,5^\circ$ ; т.к. 22 декабря оно  $= -23,4^\circ$ . По формуле высоты верхней  $h = 90^\circ - \varphi + \delta \Rightarrow \varphi = 90^\circ - h + \delta = 90^\circ - 15,3^\circ - 25,5^\circ = 49,2^\circ$ .  $\varphi > 0 \Rightarrow$  широта северная.

3) В среднем высота человека равна 1,7 м (вобщем варьируется от 1,5 м до 2,0 м среди стоящих на месте). Если 3 мм соответствуют  $0,5^\circ$ , то 1,7 м - соответствуют  $\frac{1,7}{3} \cdot 0,5^\circ = \left(\frac{5}{12}\right)^\circ \approx 0,416^\circ$ . По формуле видимого углового диаметра  $\beta = 57,3^\circ \frac{H}{R}$ , где  $H$  - высота человека в реальности (вобщем 1,7 м);  $R$  - расстояние до него. Тогда  $R = \frac{57,3^\circ}{\beta} \cdot H \approx \frac{57,3^\circ}{0,416^\circ} \cdot 1,7 \text{ м} \approx 234,8 \text{ м}$ .



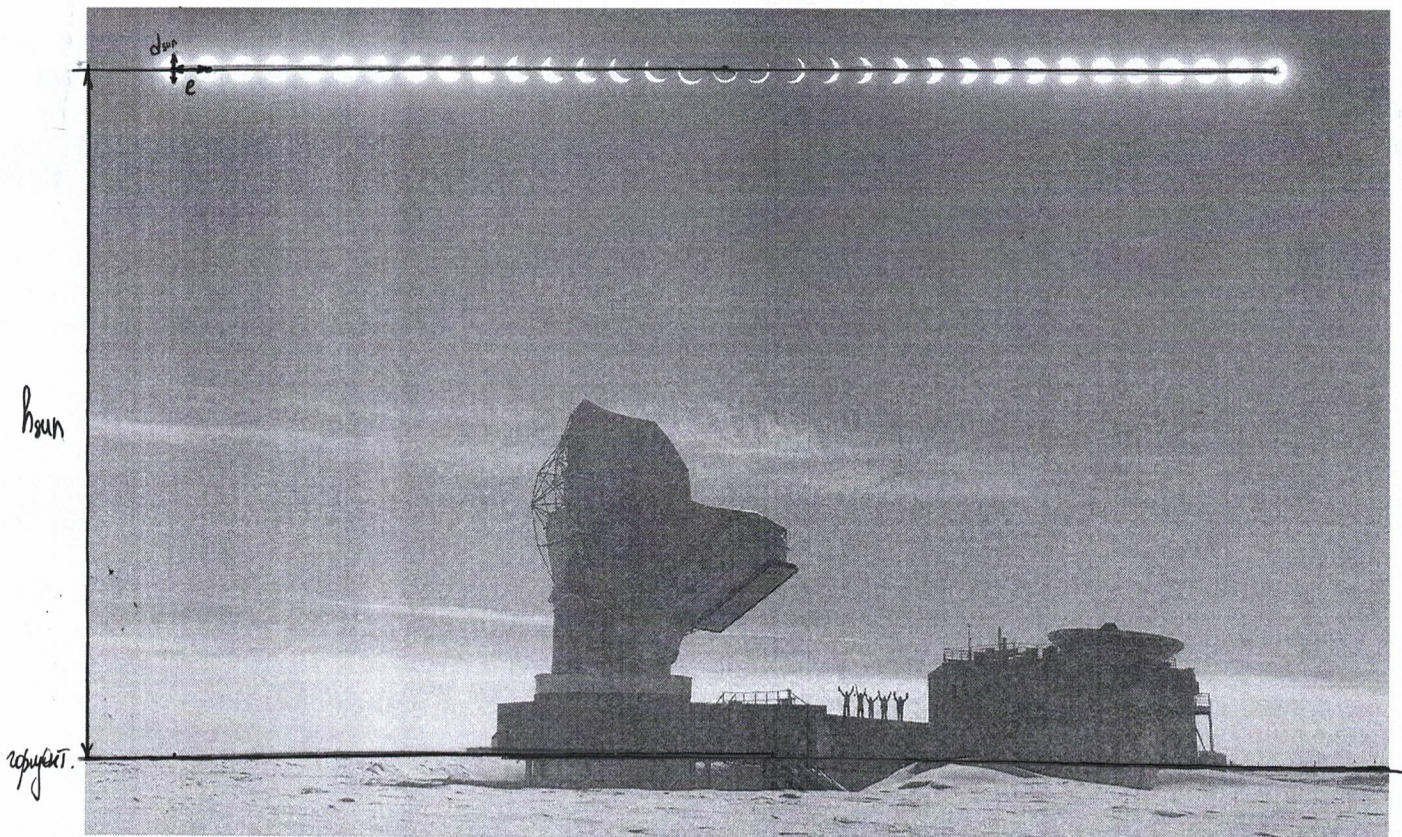


XXIX Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
практический тур

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 съёмки. 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.



Решения задач и результаты олимпиады будут размещены на сайте

<http://school.astro.spbu.ru>



4) Так как это Северное полушарие, а склонение Солнца  $\delta_{sun} < 0$  в время съемки, ~~то фото~~ и затмение происходит днем (и у южного, то Солнце (и другие планеты на фото) находятся в направлении на юг относительно фотобара. Солнце в небе Земли движется с востока на запад, ~~то~~ а если юг сверху, то восток слева, а запад справа  $\Rightarrow$  на фото Солнце движется слева направо (вправо).

Луна также ~~относительно~~ <sup>в небе</sup> Земли движется с востока на запад, но синодический период обращения Луны ~~вокруг~~ и точки на поверхности Земли ~~вокруг~~ центра Земли путь больше суток:  $S_{moon} = \frac{T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1} =$

$$= \frac{27,3 \text{ сут} \cdot 23756 \text{ мин} \cdot 4 \text{ с}}{27,3 \text{ сут} - 23756 \text{ мин} \cdot 4 \text{ с}} \approx 1,02 \text{ сут};$$

а Солнца в видимом движении вокруг Земли и той же точки на поверхности Земли ~~вокруг~~ центра Земли  $S_{sun} = 23756 \text{ мин} \cdot 4 \text{ с} \approx 0,9997 \text{ сут}$ , т.е. путь меньше суток  $\Rightarrow S_{moon} > S_{sun} \Rightarrow$

$v_{moon} < v_{sun}$ , где  $v_{moon}, v_{sun}$  — <sup>угловые</sup> скорости движения Луны и Солнца соответственно в небе Земли. Поэтому Солнце ближе Луны движается по небу Земли  $\Rightarrow$  оно "догонит" Луну, потом "прягнется" к ней, а потом "выделяется" из-за нее  $\Rightarrow$  Луна относительно Солнца до затмения движется к нему в небе Земли, после него ~~от~~ <sup>от Солнца</sup>.

5) Угловое расстояние между центрами 2 соседних изображений Солнца на рисунке:  $\ell = 4,5 \text{ см}$ , что соответствует угловому расстоянию  $\frac{4,5 \text{ см}}{3 \text{ км}} \cdot 95^\circ = 9,75^\circ$  в фрезальности. Определим угловую скорость Солнца в небе Земли:  $360^\circ$  на нем оно проходит за 1 солнечные сутки:  $23756 \text{ мин} \cdot 4 \text{ с} = 86164 \text{ с}$ .

Тогда его угловая скорость равна:  $v_{sun.отн.} = \frac{360^\circ}{86164 \text{ с}} = 0,00418 \text{ }^\circ/\text{с} = 15,048 \text{ }^\circ/\text{ч} = 15,048 \text{ }^\circ/\tau$ . Тогда расстояние между положениями на 2 последовательных снимках оно проходит за время  $t$ :

$$t = \frac{\ell}{v_{sun.отн.}} = \frac{9,75^\circ}{15,048 \text{ }^\circ/\tau} = 0,04982 = 2,988 \text{ мин} \approx 3 \text{ мин.} - \text{интервал между 2 последовательными снимками.}$$