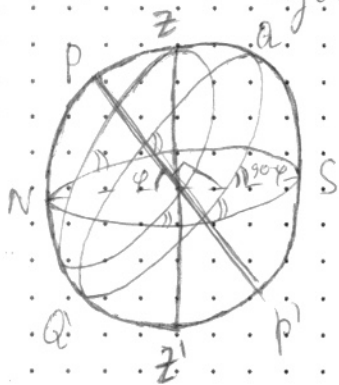




Задача №

Нам нужно определить географические координаты места наблюдения. Сначала определим широту.



Как известно, высота полюса мира равна широте местности. Тогда угол между плоскостями небесного экватора и плоскостью горизонта

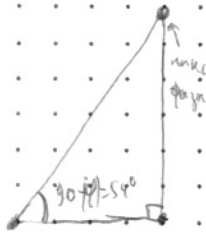
будет равен  $180^\circ - \varphi - 90^\circ = 90^\circ - \varphi$ .

Суточные параллели небесных светил (малые круги, по которым они движутся в течение суток) параллельны небесному экватору, что означает, что угол между суточной параллелью и горизонтом также составляет  $90^\circ - \varphi$ . (Тут важно заметить, что Солнце имеет собственное движение, и поэтому, строго говоря оно не движется по суточной параллели, однако этим можно пренебречь, учитывая, что оно ~~много меньше~~ по прямой восхождения оно много меньше ~~скорости~~ <sup>углового</sup> вращения неб. сферы, а склонение звезды Солнцестояний (2 июля) меняется очень медленно).

Проведем на снимке прямую через Солнце ниже момента максимальной фазы затмения. ~~Астроном~~ Прямоугольной треугольницей, используя проверенную длину или гипотенузу, и перпендикуляр из Солнца в макс. фазе затмения ~~к~~ горизонту, или орис из ~~наметок~~.

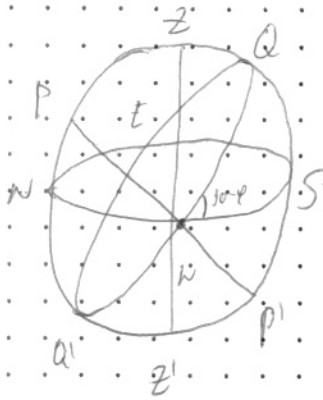


Задача №

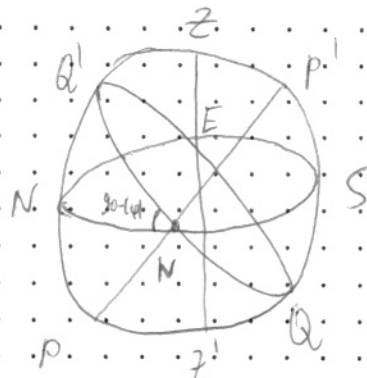


Из полученного треугольника измерять тригонометрически угол между горизонтом и Солнцем.  
Получим  $\text{угол} = 54^\circ = 90 - |\varphi|$   
 $|\varphi| = 90^\circ - 54^\circ = 36^\circ$  Как бы могли заметить,

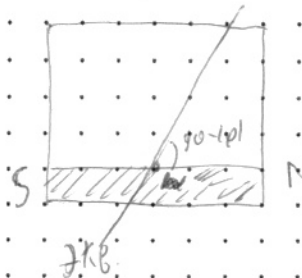
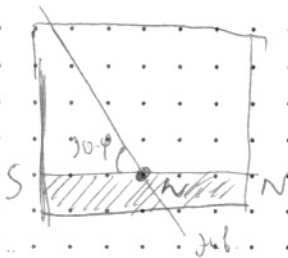
мы нашли только модуль широты места, т.е., строго говоря, экватор (и суточная параллель с ним) поворачивается на одинаковый угол, при движении как и северу, так и югу от экватора, но в разные стороны.



Северное  
полушарие



Южное  
полушарие



Из рисунков слева видно, что межд. экватор (а также и суточной параллель) будут наклонены в разные стороны при наблюдении в направлении зенита. Т.е. все светила заходят примерно в том же направлении, можем сказать,

что светом был сформирован в южном полушарии.

И тогда,  $\varphi = 36^\circ$  Ю.ш.



Задача №

Нам известно, что максимальная фаза затмения произошла на 20<sup>4</sup> ч по УТ. Тогда найти долготу точки наблюдения, нам нужна найти местное время максимальной фазы.

Определим склонение Солнца:  $\delta_{\odot} \approx \epsilon \cos\left(\frac{N}{365} \cdot 360^{\circ}\right) \approx \epsilon \cos N$ , где  $N$  — число дней с ~~равноденствия~~ летнего солнцестояния.

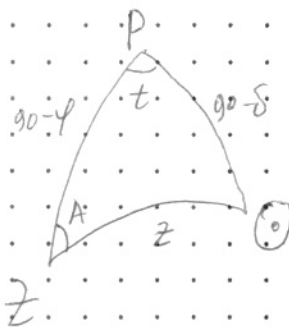
$$\delta_{\odot} = \epsilon \cos N \approx \epsilon \cos 10^{\circ} \approx \epsilon \cos\left(\frac{1}{6} \text{ рад}\right) \approx \epsilon \left(1 - \frac{(1/6)^2}{2}\right) \approx \epsilon \left(1 - \frac{1}{36 \cdot 2}\right) \approx \epsilon \left(1 - \frac{1}{72}\right) \approx \epsilon \frac{71}{72} \approx \epsilon.$$

Мы убедились, что 2-й член накло-

нение Солнца достаточно мало и  $\approx \epsilon$ , поэтому дальше в расчетах будем использовать  $\delta_{\odot} = \epsilon$ .

Попробуем определить <sup>местное</sup> время захода Солнца.

Используем для этого сферическую теорему косинусов (не спешите злиться за использование теорем, требующих много точек вычисления!).



т.к. на закате,  $z = 90^{\circ} \Rightarrow \cos z = 0$

$$\cos z = \cos(90^{\circ}) = 0 = \cos(90 - \varphi) \cos(90 - \delta) + \sin(90 - \varphi) \sin(90 - \delta) \cos t$$

$$\cos t = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t = 0$$

$$\sin \varphi \sin \delta = -\cos \varphi \cos \delta \cos t \quad \boxed{\cos t = -\tan \varphi \tan \delta}$$

для вычисления значения часового угла захода нам потребуется вычислить 3 тригонометрические функции, но желательно сделать это по-точнее.

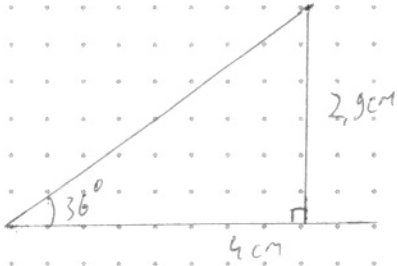
Аналог.



Задача №

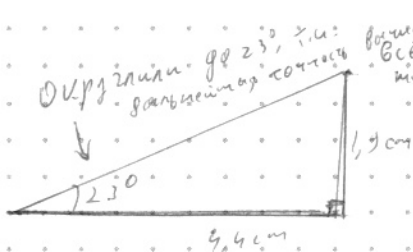
$$\cos t = -\operatorname{tg} \rho \operatorname{tg} \delta = -\operatorname{tg}(-36^\circ) \operatorname{tg}(23,4^\circ)$$

Для вычисления тангенсов построим прямоугольные  
треугольники с соответствующими углами.



$$\operatorname{tg} 36^\circ = \frac{2,9 \text{ см}}{4 \text{ см}} = \frac{2,9}{4}$$

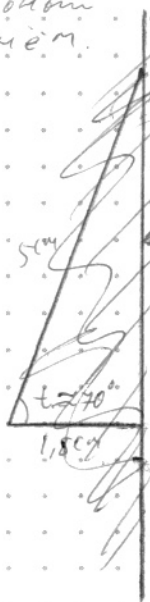
$$\operatorname{tg}(-36^\circ) = -\operatorname{tg} 36^\circ$$



$$\operatorname{tg} 23^\circ = \frac{1,9 \text{ см}}{4,5 \text{ см}} = \frac{1,9}{4,5}$$

$$\cos t = -(-\frac{2,9}{4}) \cdot (\frac{1,9}{4,5}) = \frac{2,9 \cdot 1,9}{4 \cdot 4,5} = \frac{5,51}{18} \approx 0,306$$

Построим прямоугольный  
три угол в м.м.



(Смотрите вычисление  $\cos t$   
из  $\cos t$  на своей странице!)

$$\frac{1,8}{5} = \frac{3,6}{10} = 0,36$$

Мы получили, что  
часовой угол захода  
Солнца  $t \approx 70^\circ$ , то есть  
Солнце заходит за горизонт  
в  $18^h - (90 - t) \cdot \frac{1}{15} = 18^h - \frac{14^\circ}{15} \approx 17^h 56^m$   
 $\approx 18^h - \frac{1}{3} = 17^h 40^m$

Теперь попробуем найти время макс. малой фазы

Затмения. Для этого сначала измерим расстояние  
между Солнцем в макс. фазе и точной захода  
за горизонт (она отсутствует на фото, но может быть  
симметрично исходное расстояние прямой, проведенной по изображению



Задача №1. Фото, <sup>предположительно</sup> для этого также необходимо извлечь масштаб фотографии (лучше всего по снимкам Солнца до начала затмения и высоко над горизонтом — то есть по снимкам в правой верхней части кадра). Получим  $\mu \approx \frac{0,5^\circ}{2\text{мм}} = \frac{1^\circ}{4\text{мм}}$ .

Тогда между макс. фазой и закатом:  
 $l \rightarrow l = L \cdot \mu = 4,5\text{см} \cdot \frac{1^\circ}{4\text{мм}} = \frac{75\text{мм}}{4\text{мм}} \cdot 1^\circ \approx 18,7^\circ$

Время между макс. фазой и закатом будет:

$$\Delta t = \frac{l}{\omega_\theta} = \frac{l}{\omega_\theta \cos \alpha} \approx \frac{l}{\omega_\theta \cos \alpha} \approx \frac{18,7^\circ}{0,25^\circ/\text{мин}} \cdot \frac{1}{\cos(23^\circ)} = \frac{18,7^\circ}{0,25^\circ/\text{мин}} \cdot \frac{1}{0,92} \approx \frac{187^\circ}{0,23^\circ/\text{мин}} \approx 81\text{ мин}$$

$$\cos 23^\circ \approx \cos 24^\circ \approx \cos\left(\frac{24}{60} \text{ рад}\right) \approx \cos(0,4 \text{ рад}) \approx 1 - \frac{0,4^2}{2} \approx 1 - \frac{16}{200} = \frac{184}{200} = \frac{46}{50} = \frac{23}{25} = 0,92$$

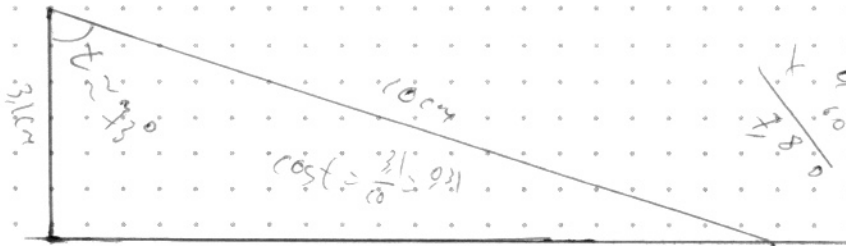
Время макс. фазы:  $t_{\text{мф}} = t - \Delta t = 10^{\text{h}} 52^{\text{m}} - 81^{\text{m}} = 10^{\text{h}} 52^{\text{m}} - 1^{\text{h}} 21^{\text{m}} \approx 15^{\text{h}} 30^{\text{m}}$

$t_{\text{мф}} = U t_{\text{мф}} + \lambda$   
 $\lambda = t_{\text{мф}} - U t_{\text{мф}} = 15^{\text{h}} 30^{\text{m}} - 20^{\text{h}} 40^{\text{m}} = -5^{\text{h}} 10^{\text{m}} = -310^{\text{m}} = (-310 \cdot 0,25)^\circ = -77,5^\circ \approx -78^\circ$

время макс. фазы по всемирному времени

Получили часовые координаты:

36° Ю. ш.  
78° З. д.





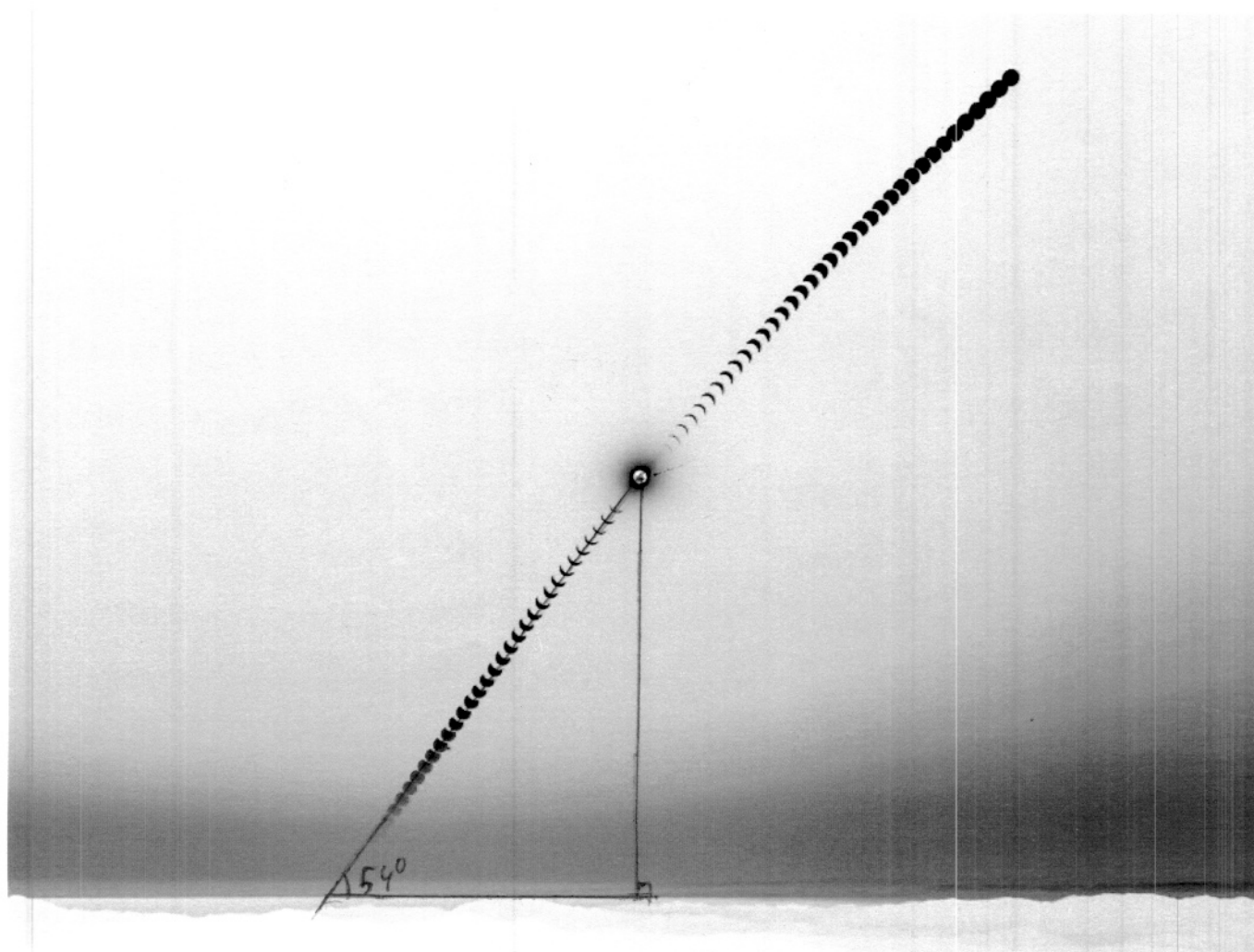
XXVII Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
практический тур

2020

1  
марта

10 класс

Вам дана серия фотографий полного солнечного затмения, наложенных друг на друга (негативов). Затмение произошло на закате Солнца 2 июля. Максимальная фаза затмения наблюдалась в 20 часов 40 минут по Всемирному времени. На фотографии видна линия горизонта. Определите как можно точнее географические координаты места наблюдения.



Решения задач и результаты олимпиады смотрите на сайте

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