



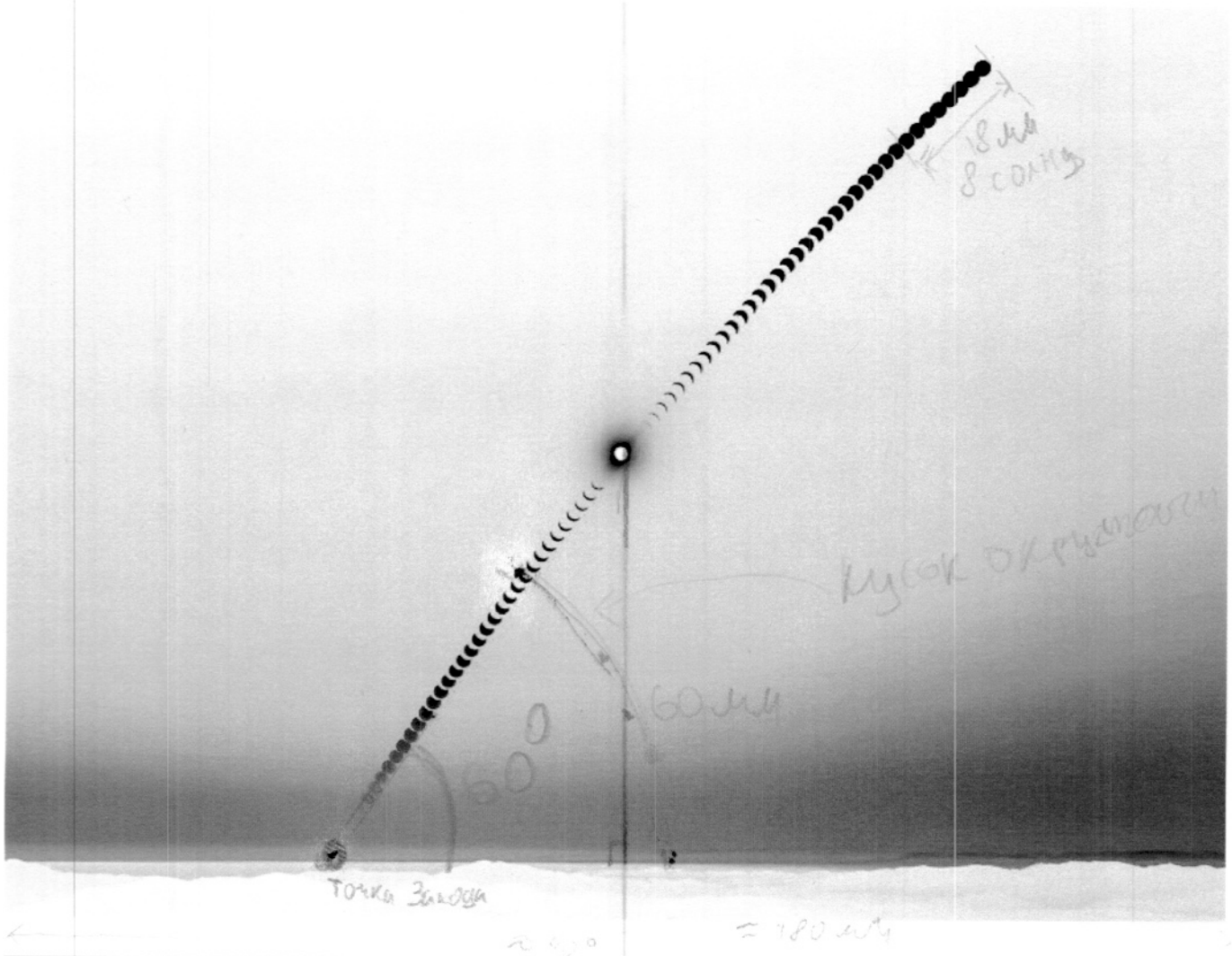
**XXVII Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
практический тур**

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>



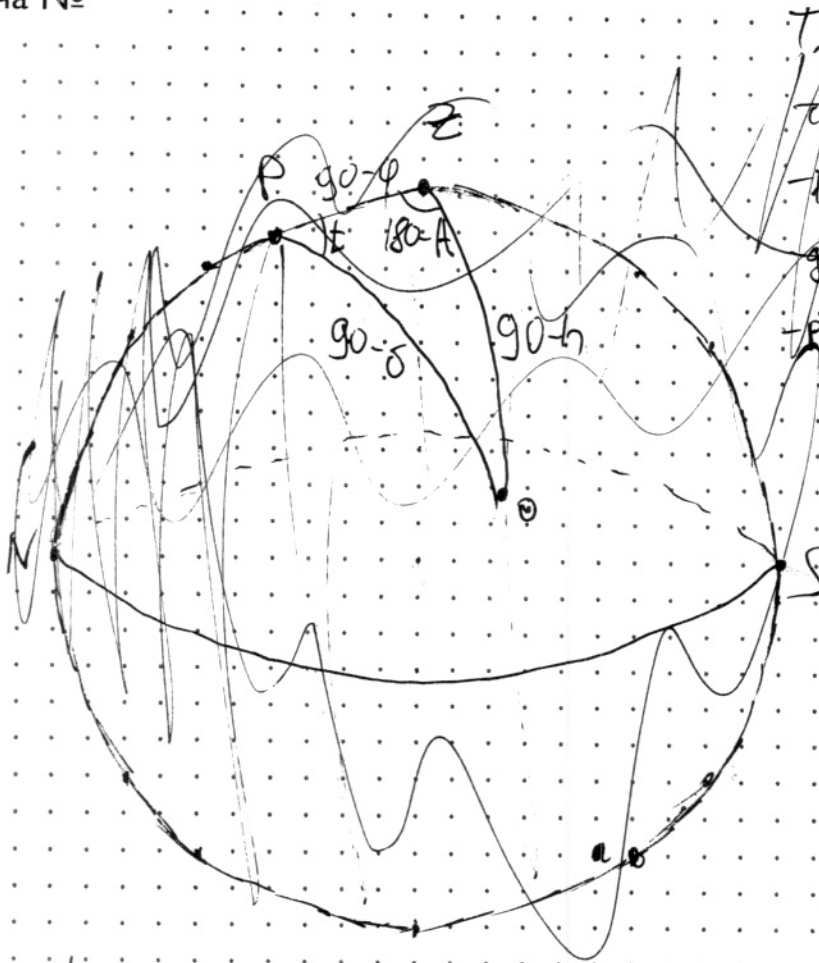
Задача №

Прак (плак)

Найдем радиус Солнца на картинке. Для этого возьмем 8 последних Солнц (которые сверху сирала), т.к. их видно лучше всего. Измерим длину 8 диаметров Солнц <sup>используем</sup> ~~сере~~. Мы так можем сделать т.к. видно, что Солнце-я скрывается на границе друг друга. Получим 8 мм на 8 Солнц. Получается, что на каждое Солнце приходится по 2,25 мм. Посчитали высоту точки ~~затмения~~, полной фазе затмения, отсюда из нее на горизонт, который прекрасно видно. Получим 6 мм. Мы вспоминаем, что на каждое Солнце приходится по 2,25 мм, значит в этот отрезок Солнце помещается ровно  $\frac{6}{2,25}$  раз. Также, у нас Второе июля, т.е. примерно в центре земной орбиты, т.е. условно размер Солнца равен  $30'$ , т.е. высота в точки затмения равна  $\frac{6}{3} \cdot 30' = 800' \approx 13,5^\circ$ . Высота у нас 2,07, летнее солнцестояние было 10 дней назад. После летнего солнцестояния склонение меняется очень медленно. Значит сейчас склонение Солнца  $\approx 72^\circ$  ~~и это все~~.



Задача №



Т.к. у нас закат,  
то можно предполо-  
жить, что все происхо-  
дит в Северном полуша-  
рии  
 $\Gamma = \zeta + \delta + \lambda$

$$\cos(h) \cos(\delta) = \cos(\theta) \cos(\delta) + \sin(\theta) \sin(\delta) \cos(\phi)$$

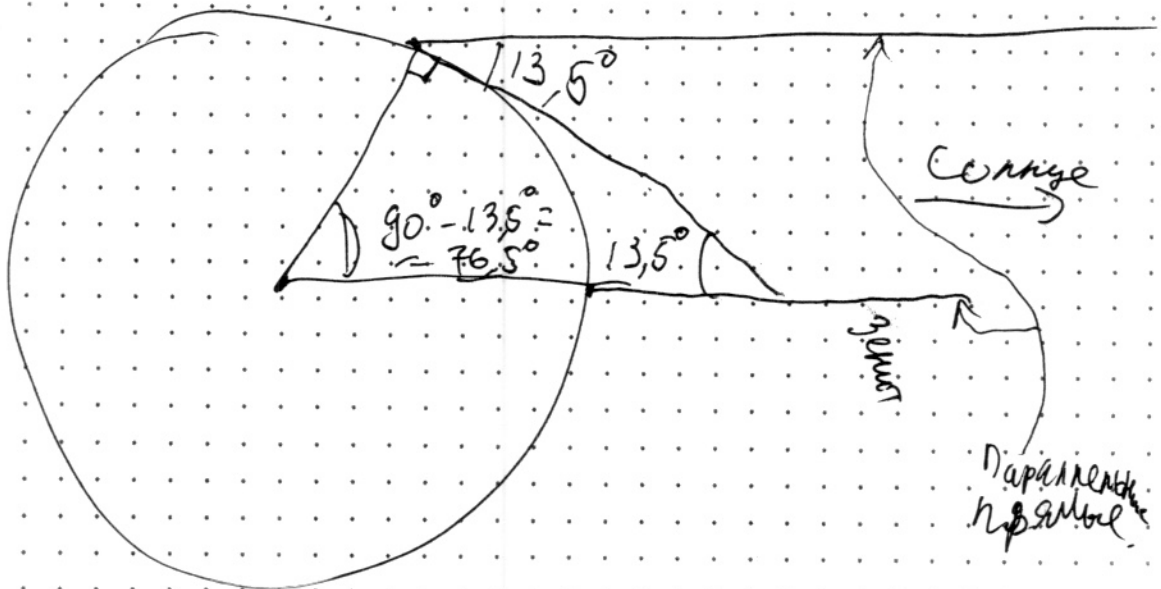
$$\sin(h) = \sin(\phi) \sin(\delta) + \cos(\phi) \cos(\delta) \cos(\theta)$$

У нас  $20^h 40^m$  по Всемирному Времени,  
значит (т.к. Солнце будет в Зените в  $12^h$   
по местному времени) Солнце сейчас в  
Зените на долготе  $140^{\circ}_{33}$  ( $8^h 40^m$  по м.в.  $12^h$   
прошло, переведено в градусы) и на широте  $22^{\circ}$



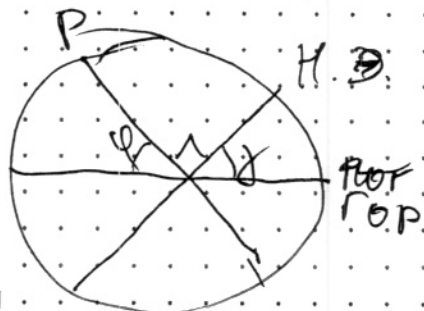
Задача №

Т.а. склонение  $+22^\circ$ .  
Высота Солнца у нас  $13,5^\circ$ . Поимеем,  
где оно будет на такой высоте



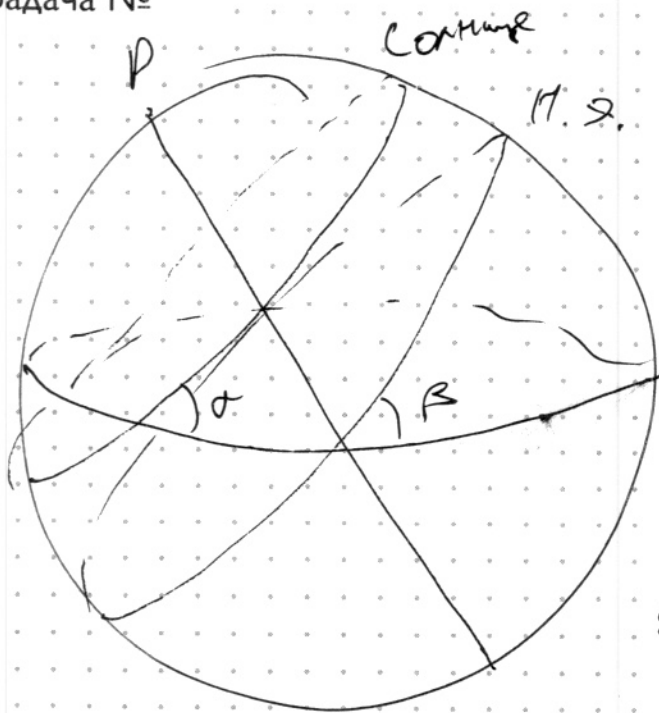
Получается, что наш пункт на боковой  
находится в  $76,5$  градусах от места  
Солнца в Зените.

Найдём угол, под которым видна  
примерно равен  $60^\circ$ . Нарисуем сферу и проекцию  
сферы.



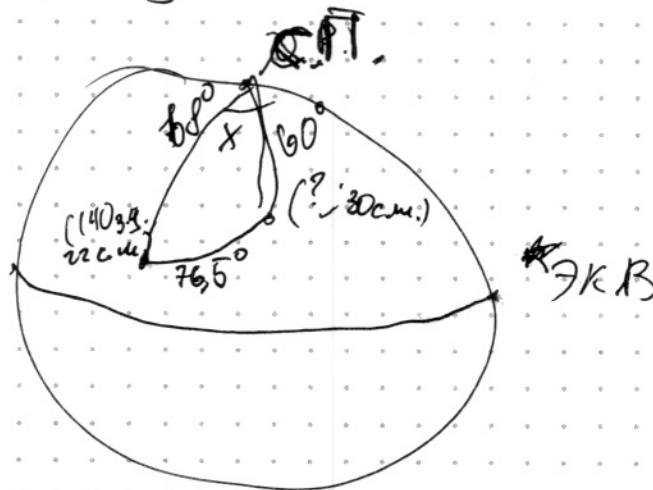


Задача №



Угол  $\alpha$  - то, что мы поларем, он примерно равен углу  $\beta$ , а он в свою очередь ~~примерно~~ равен углу  $\gamma$ , а он равен  $90 - \varphi$ . Значит  $90 - \varphi = 60^\circ \Rightarrow \varphi = 30^\circ$

Реш. Рассмотрим, на каких долготах на расстоянии  $76,5^\circ$  от точки зенита Солнца в Земле у нас будет широта  $30^\circ$ . Для этого нарисуем сферу Земли.



По th. cos для сферического треугольника:



Задача №

$$\begin{aligned}\cos 76,5^\circ &= \cos 60^\circ \cdot \cos 60^\circ + \sin 60^\circ \sin 60^\circ \cos \alpha \\ \sin 13,5^\circ &= \frac{1}{2} \sin 22^\circ + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin 68^\circ \cos \alpha \\ 2 \sin 6,25^\circ \sqrt{1 - (\sin 6,25^\circ)^2} &= \sin 11^\circ \cos 11^\circ + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \alpha \\ 2 \sin 0,1 \sqrt{1 - (\sin 0,1)^2} &= \sin 0,19 \sqrt{1 - (\sin 0,19)^2} + \frac{3}{4} \cos \alpha \\ 2 \cdot 0,1 \sqrt{1 - 0,01} &= 0,19 \sqrt{1 - 0,19^2} + \frac{3}{4} \cos \alpha \\ 2 \cdot 0,1 \sqrt{0,99} &= 0,19 \sqrt{1 - 0,361} + \frac{3}{4} \cos \alpha \\ 0,2 &= 0,19 \sqrt{0,639} + \frac{3}{4} \cos \alpha \\ 0,013 &= \frac{3}{4} \cos \alpha \\ \cos \alpha &= \frac{4}{3} \cdot 0,013 \\ \sin(\frac{\pi}{2} - \alpha) &= 0,017 \\ \frac{\pi}{2} - \alpha &= 0,017 \\ \alpha &= \frac{\pi}{2} - 0,017 \approx 89^\circ\end{aligned}$$

*Handwritten notes:*  
-  $\sin 60^\circ \approx \sin 60^\circ$   
- т.к. углы близки к 90°  
- Держим все углы в радианах

Видим прямо

Угобы получило положение точки наблюдения  
защелки назо. из точки Земли  
Солнца в земном отнзть  $x$ , все  $y$   
на с заклет а зтмшт мн. на тодука  
во Солнечнй этод точки.

$$\lambda = 140^\circ - 89^\circ = 51^\circ 3' 9''$$

Ответ:  $51^\circ 3' 9''$   $30^\circ$  с.м.