XXVII Санкт-Петербургская астрономическая олимпиада

практический тур

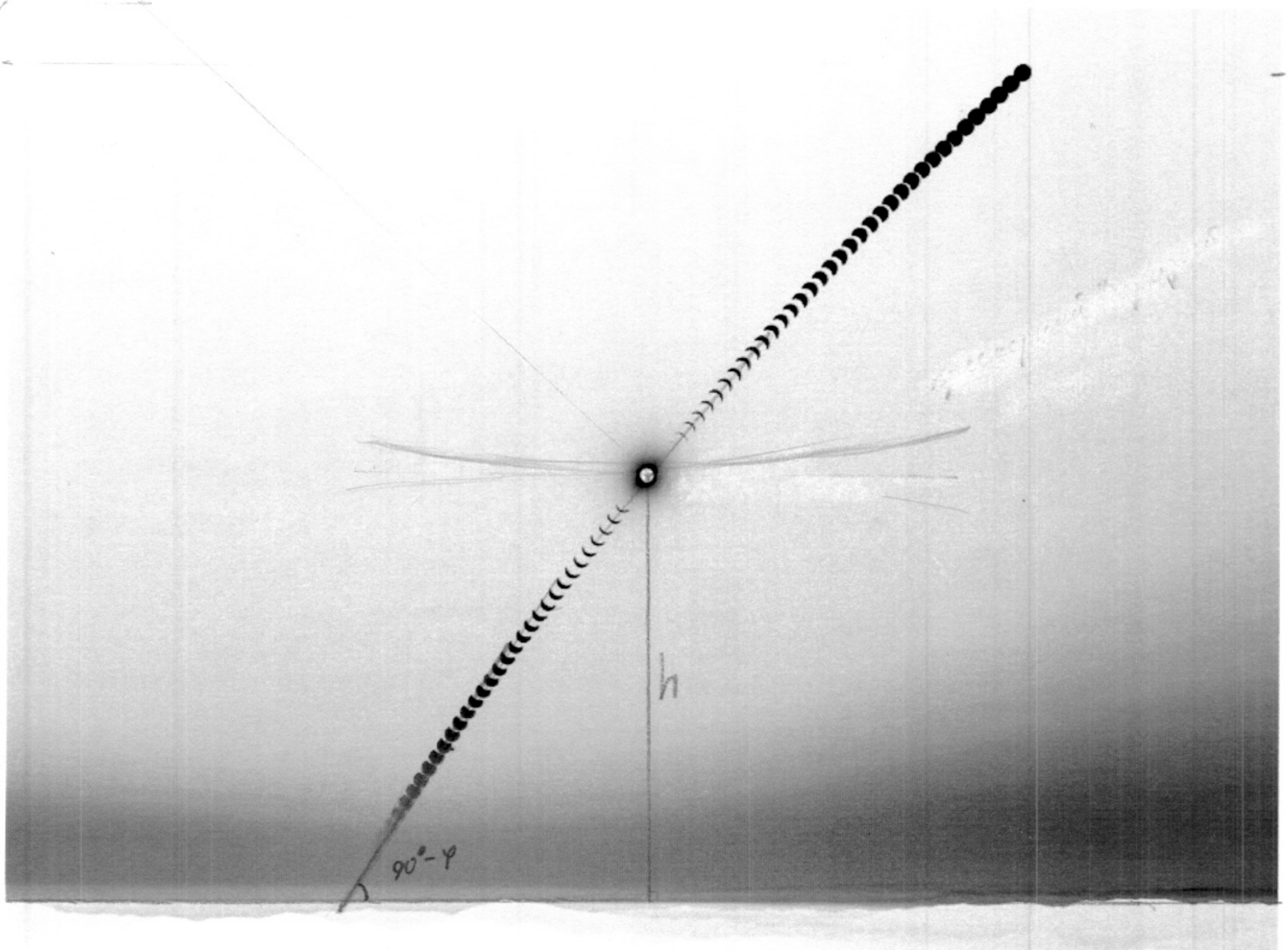
2020

1 марта

10 класс

эклипт.

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. (φ, λ) (Ю. Алорина)



Задача № 1. Заметим, что фотография сделана в Южном полушарии, т.к. ☉ "заходит" справа налево, а это возможно только в Южном полушарии. "Трек" затмения на фотографии — это с большой точностью суточная параллель ☉. ~~Углом тот~~ ~~этот~~

~~1) Широта – ? (φ)~~
~~Чтобы найти широту, найдём угол наклона экватора к горизонту.~~
~~Как известно, суточная параллель (не явл. экватором) пересекает горизонт ~~не~~ под углом 90° – φ.~~

1) Широта – ? (φ)

Суточные параллели светил ∥ небесному экватору. Пренебрежем тем фактом, что угол пересечения сут. парал. с горизонтом не равен 90° – φ, т.к. суточная параллель ☉ находится недалеко от экватора. (23,5° – можно считать в плоском приближении).

Продлим конец трека до пересеч. с горизонтом. (см. рис.)

Угол ~~и~~ трека с горизонтом: 90° – φ = 57° ⇒
⇒ φ = 33° и т.к. мы находимся в Ю.П.

Задача № Продолжение

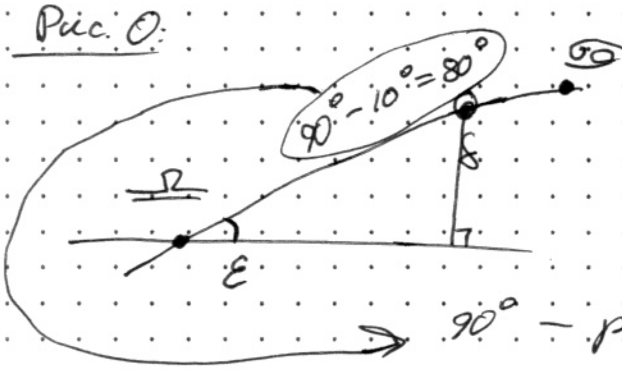
то широта $\boxed{\varphi = -33^\circ}$

2) Долгота — ? (λ)

Для нахождения долготы, нужно найти истинное местное время (не будем забывать об уравнении времени)

Склонение ☉ 02.07 (δ):

Рис. 0:



$\varepsilon = 23{,}5^\circ$

90° — расст. между ♎ и ♋

10° — сколько ☉ "прошло" от ♋ до 02.07.

($1^\circ/d \cdot 10^d \approx 10^\circ$)

угловая скорость

Запишем:

$$\sin\delta = \sin\varepsilon \cdot \sin 80^\circ$$

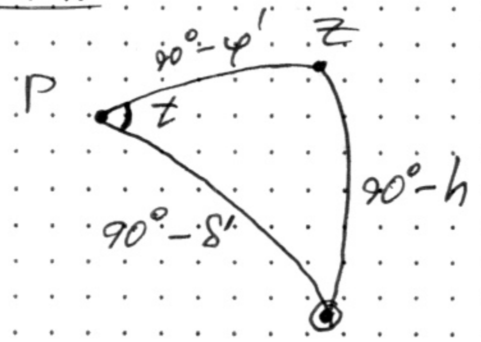
$$\sin 80^\circ \approx 1 \Rightarrow \boxed{\delta \approx \varepsilon} = \boxed{23{,}5^\circ}$$

Теперь найдём часовой угол захода:

(Для простоты вычислений отразим ситуацию, т.е. будем считать для $\varphi' = -\varphi$, и $\delta' = -\delta_☉ = -\varepsilon$). Часовые углы в этих ситуациях равны.

Задача № ~~Продолжение~~

Рис. 1.



~~Из рисунка нам~~ По фотографии найдём h.

Масштаб:

Угловой размер $\odot \approx 0{,}5^\circ$

Линейный на фото $\approx 2{,}5$ мм

Т.е.: $\mu = \frac{0{,}5^\circ}{2{,}5\text{ мм}} = \frac{1}{5}\frac{^\circ}{\text{мм}}$

Высота (h):

$h = 60$ мм $\cdot\ \mu = \boxed{12^\circ}$ — рефракцией можно на такой высоте пренебречь.

Из рис. 1. найдём t:

Запишем:

$$\sin h = \sin\delta'\cdot\sin\varphi' + \cos\delta'\cos\varphi'\cos t$$

$$\cos t = \frac{\sin h - \sin\delta'\sin\varphi'}{\cos\delta'\cos\varphi'} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{\sin h + \sin\delta\sin\varphi'}{\cos\delta\cos\varphi'}$$

Нарисуем круг единичного радиуса.

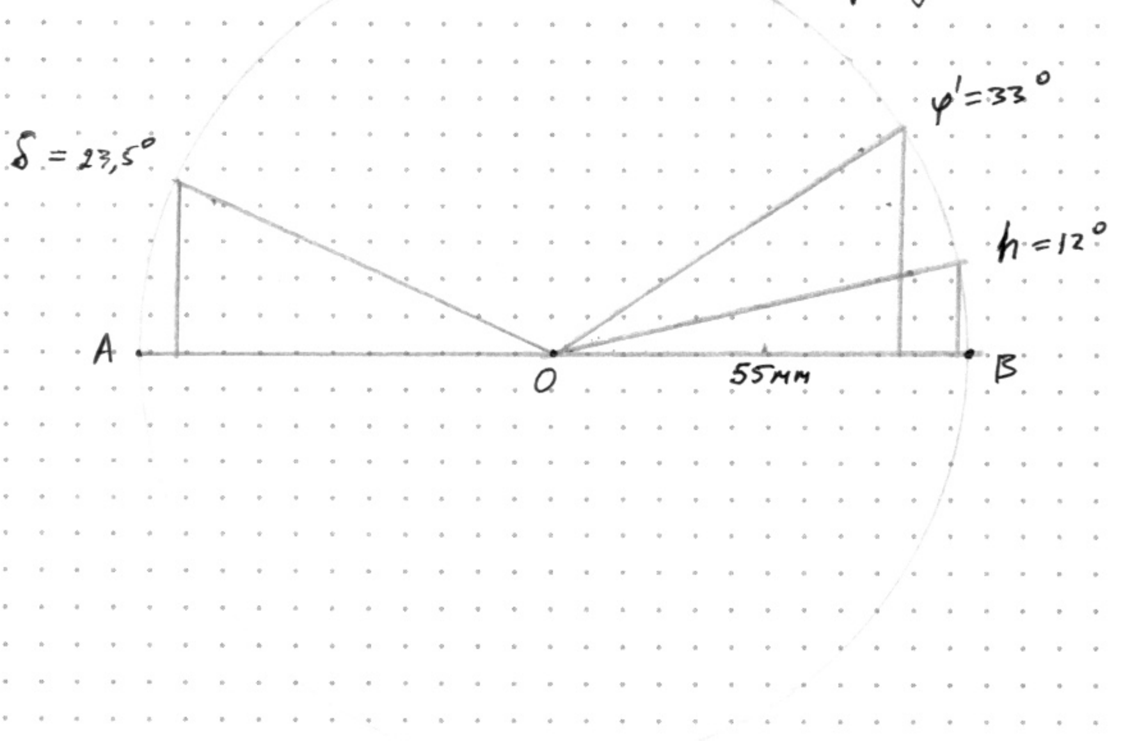
$R = 55$ мм

Найдём $\sin h$, $\sin\delta$, $\cos\delta$, $\sin\varphi'$, $\cos\varphi'$.

Задача № Продолжение

Рис_2:

~~Изобразим~~ Отложим углы с разных сторон, чтобы не загромождать рисунок.



$\sin h = \frac{11}{55}$

$\sin\delta = \frac{22}{55}$

$\cos\delta = \frac{50}{55}$

$\sin\varphi' = \frac{30}{55}$

$\cos\varphi' = \frac{45}{55}$

$$\cos t = \frac{\frac{11}{55} + \frac{22}{55}\cdot\frac{30}{55}}{\frac{50}{55}\cdot\frac{45}{55}} \approx$$

$$\approx \frac{11+12}{\cancel{50\cdot 45 / 55}\ 41} \approx \frac{23}{45} \approx \frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{t = 60° \to 4^h}$$

Местное истинное время:

$T_и = 12^h + t = 16^h$

Найдём ур-е времени (η) на 02.07:

~~$\eta = 7{,}53\cos\alpha_\odot + 1{,}5\sin\alpha_\odot - 9{,}87\sin(2\alpha_\odot)$~~

~~$\alpha_\odot \approx \frac{360°}{365^d}\cdot N[d]$~~

Задача № Продолжение

Не умаляя общности, скажем, что 12.06 и 01.09 ур-е времени $=0^m$, а max его в этом промежутке времени составляет $\sim +6^m$, т.е. 02.08 оно будет составлять где-то $+2^m$ — этим можно пренебречь, т.к. ошибка в измерении больше.

Долгота:

$$\lambda = T_u - T_0 = 16^h00^m - 20^h40^m =$$
$$= \boxed{-4^h40^m}$$

Ответ: географические координаты места наблюдения $\varphi = -33^\circ$, $\lambda = -4^h40^m$. (южный край Южной Америки).