

## I. Определим высоту Солнца над горизонтом

1. Линейкой измерены расстояния от первого до последнего Солнца  $\approx 151 \text{ мм}$
2. Теперь измерим расстояние между краями соседних Солнц  $\approx 1,25 \text{ мм}$
3. Всего 33 Солнца, 32 просвета, т.е.

$$\alpha_0 = \frac{151 \text{ мм} \cdot (1,25 \cdot 32 \text{ мм})}{33} \approx 3,4 \text{ мм}$$

4. Высота верхнего края Солнца над горизонтом фотографии  $\approx 10,5 \text{ мм}$
5.  $10,5 : 3,4 \approx 31$ , т.е. верхний край диска Солнца находится над горизонтом в 31 узке Солнца
6. Угловой размер диска Солнца  $\approx 0,5^\circ$  (мы можем принять это допущение, т.к. 1'-малая величина, а ~~Солнце~~ <sup>Земля</sup> ближе к перпендику) Тогда  $h_0 = 30,5 \cdot 0,5^\circ = 15,25^\circ$   
(мы берём 30,5, а не 31, т.к. считаем высоту центра Солнца над горизонтом)
7. Угол  $15,25^\circ$  довольно мал, поэтому мы можем считать ~~небо~~ небо плоским, а не проекцией, т.е. всё вышеперечисленное даёт достаточную точность. (как и измеренные в III, V, VI)
8. Итак,  $h_0 \approx 15,25^\circ$

## II. Определим широту места наблюдения

1. Сначала найдём склонение Солнца

$$\sin \delta_0 = \sin \Delta t_r \cdot \sin \varepsilon = \sin \frac{183 \text{ дн.} + 74 \text{ дн.}}{365 \text{ дн.}} \cdot 360^\circ \cdot \sin 23,4^\circ \approx -\sin 73^\circ \cdot \sin 23,4^\circ \approx$$

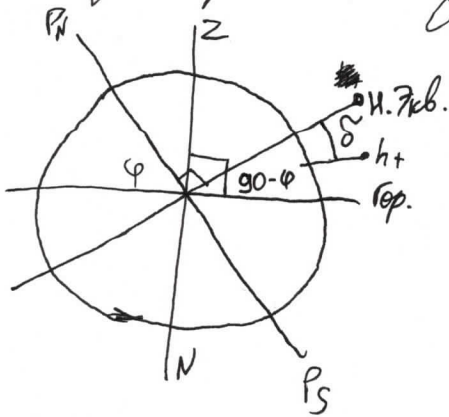
$$\approx -0,96 \cdot 0,33 \approx -0,32$$

$$\text{тогда } \delta_0 \approx -22^\circ$$

2. Т.к. Солнце в момент съёмки ( $151 \text{ мм} / 3,4 \text{ мм} \approx 44$ ;  $44 \cdot 0,5 = 22^\circ$ ;  $22^\circ / 15^\circ \approx 1,5$ ) - достаточно далеко, было почти параллельно горизонту, затмение произошло близко к кульминации. Нужно определить - к верхней, или к нижней.

II - продолжение поиска широты

3. Светило со склонением  $-22^\circ$  является заходящим в северном полушарии, поэтому для северного полушария возможны только верхняя кульминация



$$h_+ = 90 - \varphi + \delta$$

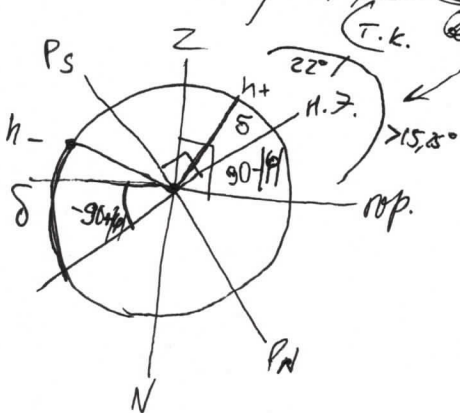
$$15,25^\circ = 90 - \varphi - 22^\circ$$

$$90 - \varphi = 3^\circ 7,25'$$

$$\varphi = 52,75^\circ \text{ с.ш.}$$

4. В южном полушарии <sup>на такой высоте</sup> возможны

~~нижняя кульминация~~



нижняя кульминация, поэтому <sup>т.к. верхняя кульминация на экваторе составит  $68^\circ$ , а на Южн. полюсе  $22^\circ$</sup>  ~~тогда~~ т.е. больше  $15,25^\circ$

$$h_- = | \delta | - 90 + | \varphi |$$

$$15,25^\circ = 22^\circ - 90 + | \varphi |$$

$$| \varphi | = 90 + 15,25^\circ - 22^\circ = 83,25^\circ$$

$$\varphi = 83,25^\circ \text{ ю.ш.}$$

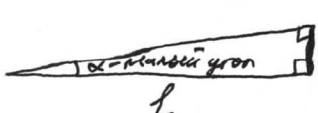
5. На фото мы видим много снега и полярную станцию, так что скорее всего это одна из станций в Антарктиде - в южном полушарии так что  $\varphi \approx 83,25^\circ \text{ ю.ш.}$

III - теперь определим расстояние до людей

1. Высота "людей" на фотографии 4 мм в среднем. <sup>(с вытянутыми руками)</sup>

Мы видим их ноги только частично, поэтому можно считать, что ~~видимая~~ <sup>видимая</sup> часть людей равна 2 м

2. 4 мм соответствует  $0,5 \cdot \frac{40^\circ}{34} = \frac{10^\circ}{17}$

3.  т.к. угол  $\alpha = \frac{10^\circ}{17}$  мал, а  $\frac{x}{l} = \text{tg} \alpha$ ,  $\text{tg} \alpha \approx \alpha_{\text{рад.}} = \frac{\pi}{180} \cdot \frac{10^\circ}{17}$ , т.е.

07.05.17

III - продолжение определения расстояний до звезд

$$\frac{x}{l} \approx \frac{\pi}{18.17}$$

$$l = \frac{x \cdot 18.17}{\pi} = \frac{2 \cdot 18.17}{3.14} \text{ м} = \frac{612}{3.14} \text{ м} \approx 200 \text{ м}$$

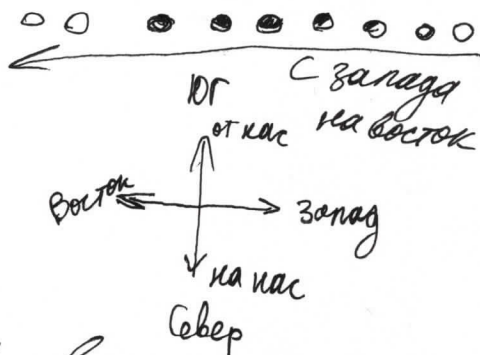
ОТВЕТ III

Таким образом расстояние до звезд около 200 м

IV - определение направления движения Солнца

1. ~~Восток~~ Земля вращается против часовой стрелки, поэтому небесная сфера "вращается" по часовой стрелке в северном полушарии
2. В южном полушарии небесная сфера "вращается" против часовой стрелки
3. В южном полушарии зимний кульминация происходит на юге
4. Представим, что в южном полушарии Солнце зашло, тогда оно должно взойти на восточной части горизонта, т.е. в южн. полушарии Солнце движется с запада на восток.   
 в южн. кульминации

5. Составим схему:



Итого: Солнце двигалось с запада на восток, т.е. справа налево.

ОТВЕТ IV

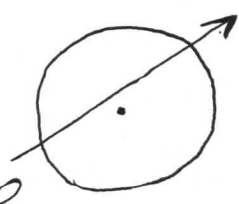
V - Определим, куда движется Луна относительно Солнца

1. Сделаем схемы начала, ~~начала~~ фазы и конца затмения макс.



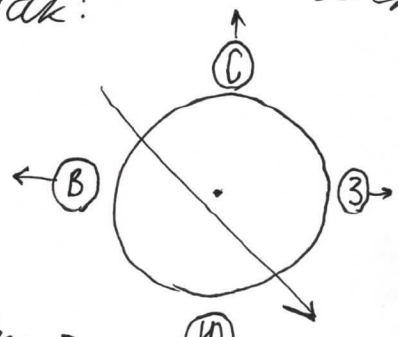
2. Таким образом, центр Луны относительно ~~центра~~ диска Солнца движется так:

(при наблюдении из южного полушария)



(центры не проходили друг через друга, иначе бы затмение было полным/кольцеобразным)

3. Соответственно, на небесной сфере центр Луны движется так:



Отв: для наблюдателя Луна отн. Солнца движется слева направо и снизу вверх (рис V.1 и V.2)

Отв: на небесной сфере центр диска Луны движется с северо-востока на юго-запад, но при этом обход центр диска Солнца с юго-востока. (как на рисунке V.3)

VI - Определим время, через которое делались кадры

1. Расстояние между соседними дисками составляет около 1,25 мм, диаметр одного диска около 3,4 мм.

2. Между двумя кадрами солнце прошло два своих радиуса и просвет, т.е.

$$\left(\frac{3,4}{2} + 1,25 + \frac{3,4}{2}\right) \text{ мм} = 4,65 \text{ мм}$$

3. Тогда ~~средний~~ размер прохождения  $\frac{4,65 \text{ мм}}{3,4 \text{ мм}} \cdot 9,5^\circ \approx 1,34 \cdot 30' \approx 40'$

4. Т.к. при вращении неба  $\frac{360^\circ}{24 \text{ ч}} = 15^\circ/\text{час} = 15'/\text{мин}$ , и т.к. ~~15'~~  $15^\circ$  на высоте  $15,25^\circ$  составляет  $15 \cdot \cos 15,25^\circ \approx 15 \cdot 0,98 \approx 15'$

$$t = 40' / 15' / \text{мин} = 2 \frac{2}{3} \text{ мин} = 2 \text{ мин } 40 \text{ с}$$

Отв: время, через которое делались кадры - около 2 мин 40 с