

Из рисунка сразу очевидно, что ошибка сделана в Южном полушарии: в Северном Солнце движется от южного наблюдателя по часовой стрелке, если смотреть на точное движение Солнца.

Для нахождения широты места наблюдения можно воспользоваться формулой для высоты в верхней кульминации: $h_{в.к.} = 90^\circ - \varphi + \delta$, если Солнце кульминирует к Северу от зенита (не забываем, что ошибка сделана в Южном полушарии), или $h_{в.к.} = 90^\circ - \delta + \varphi$, если к Югу от зенита (в этой формуле φ — широта наблюдателя, δ — склонение светила). Чтобы понять, какой из этих формул воспользоваться, посмотрим на дату: 02.07 — дата, относящаяся близкой к 21.06, т.е. к дню летнего солнцестояния, когда в Северном полушарии Солнце имеет максимальную высоту в верхней кульминации. А ошибка сделана в Южном; значит, здесь будет наоборот: почти минимальная высота в верхней кульминации. Очевидно, что Солнце будет кульминировать к Югу от зенита. И широту φ можно выразить из первой формулы: $\varphi = 90^\circ - h_{в.к.} + \delta$.

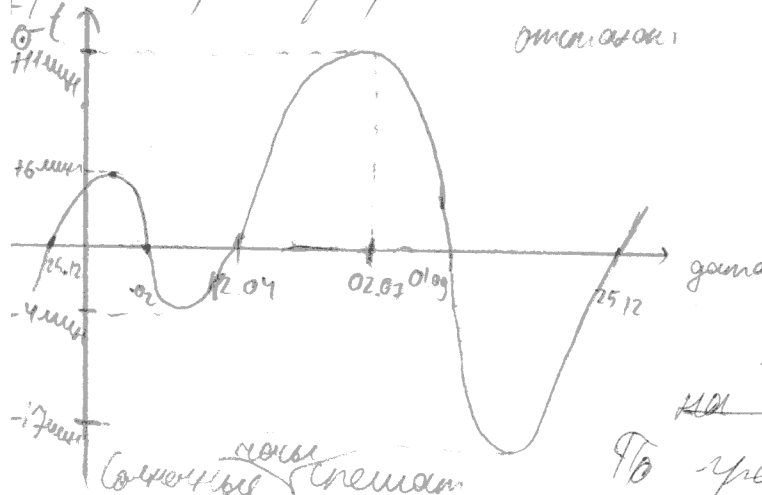
В этом уравнении нам неизвестны $h_{в.к.}$ и δ . В задаче просят найти максимальное склонение Солнца в день летнего солнцестояния; ну, конечно, Солнце в этот день равноденствия $10 + 30 + 31 + 21 = 92$ дней (если считать, что дата весеннего равноденствия 21.03). За это время Солнце меняет склонение от 0° до $23,5^\circ$. Значит, в проценты, можно найти изменение склонения: $\frac{23,5}{92}$.

$$\Delta \delta = \frac{23,5 \cdot 11}{92} = \frac{(23 + 0,5) \cdot 11}{92} = \frac{23 \cdot 11}{92} + \frac{5,5}{92} \approx \frac{11}{4} + \frac{5}{90} = 2,75 + 0,06 = 2,81$$

(Дополнительно можно считать, что дата весеннего равноденствия 21.03). Значит, в проценты, можно найти изменение склонения: $\frac{23,5}{92}$. Таким образом, склонение Солнца в день наблюдения будет $\delta = \delta_{\max} - \Delta \delta = 23,5 - 2,81 = 20,69$, где δ_{\max} — максимальное склонение Солнца (в день летнего солнцестояния).

Теперь найдём высоту Солнца. Прямым измерением

показано, что траектория Солнца на синих пунктирах
 в графике примерно на $\theta = 51,5^\circ$, и до его полного
 исчезновения на синих пунктирах 31 ^{градус} диаметр (здесь
 не учитываются видимые примерно диаметры изображений
 Солнца вследствие атмосферного преломления), т.е., примерно
 $0,5$. Для того, чтобы понять почему Солнца в верхней
 кульминации, ~~нужно~~ ~~потом~~ ~~возвращается~~ уравнением
 времени, график которого выведен примерно так:



Здесь t_0 — солнечное время, $t_{\text{ин}}$ — истинное
 время, которое, в данном случае,
 складывается из
 $t_{\text{к}}$ — ~~время~~ ^{дневное} время.

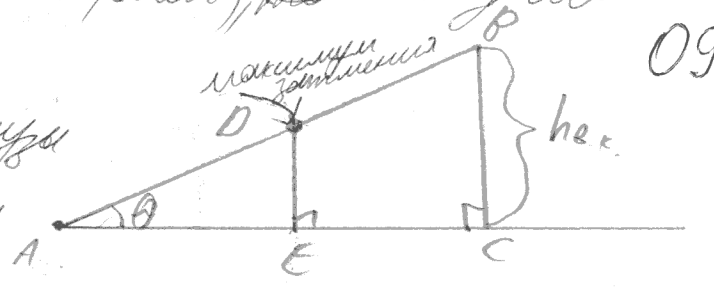
Солнце кульминирует ближе
 к полюсу по ~~восточной~~ ^{местной} времени
 на ~~Тихоокеанской~~ ^{меридиане}.

По графику можно прийти к выводу, что
 верхняя кульминация происходит примерно на 11 мин
 позже местного полудня, т.е. идет в $t_{\text{к}} \approx 12$ и 14 мин
 по местному времени. Это угол наклона траектории
 Солнца на синих θ ~~граду~~ ^{и сферическо}
 померит, ~~потом~~ ~~найти~~ ~~длину~~ ~~дуги~~ (в градусах)
 которую проходит Солнце по небу за ~~время~~
 день. Если поделить эту дугу, поделить ее на
~~углов~~ ~~диаметр~~ ~~Солнца~~. Угловый ~~контур~~ ~~Солнца~~
~~в экваториальной~~ (в ~~граду~~ ~~тангенс~~ ~~угла~~ ~~Солнца~~
~~вершины~~ ~~она~~ ~~составляет~~ ~~примерно~~ ~~10,4~~ ~~минуты~~ ~~дуги~~
~~радиуса~~ ~~Солнечных~~ ~~часов~~). Это мы найдем время, за
 которое Солнце проходит половину ~~дуги~~ ~~Солнца~~ по небу, ~~найдём~~
 время, за которое ~~длина~~ ~~Солнца~~ по небу, ~~найдём~~
 время от максимума ~~дуги~~ ~~Солнца~~ до ~~видимого~~ ~~на~~ ~~синих~~
 заката: $t_{\text{закат}} = \frac{L}{\omega} = \frac{31 \cdot 0,5}{10,4} \approx 1,5$, L — ~~длина~~ ~~дуги~~ ~~от~~
 максимума до ~~заката~~, $L \approx 31 \cdot 0,5 = 15,5$. Дальше от
 максимума ~~Солнца~~ ~~время~~ ~~минимум~~ ~~получим~~ ~~от~~
 этого (получим) ~~время~~ ~~минимум~~ ~~получим~~ ~~от~~ ~~вершины~~
 Солнца (угл. ~~дуги~~ ~~е~~) — ~~получим~~ ~~получим~~ ~~от~~ ~~вершины~~
 кульминации до максимума ~~заката~~ ~~дуги~~.

Перенесём чертёж на ~~плоскость~~. Страница № 2
 Если моменты ~~что~~ ~~Солнце~~ ~~обитает~~ ~~на~~

прямой от вершины кульмиса (с целью учета преломления
 массы; но так же с учетом); ~~но~~ получим
 в предельных случаях:

090



Угол θ нам известен; кульмисы
 известны. Через предельные точки
 найдем h_k :

(Углы ΔABC и ΔADE в градусах.)
 $h_k = AB \sin \theta$, $AD = k \cdot AC$, k — коэффициент преломления

Подставив найденные значения в формулу для h_k , найдем
 широту.

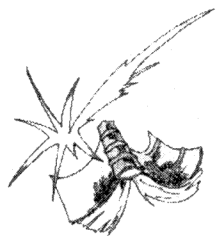
Для нахождения долготы нужно знать широту и Ве-
 стинга времени. Земля преломлена на часовое полукруга:
 через каждые 15° по долготе к Восточному времени
 прибавляется по 1^h , и получается настоящее время.

Из формулы на чертеже с ΔABC и ΔADE мы уже нашли
 $|BD|$; зная h_k на склоне углового движения
 Солнца — находим время движения из м. В. в. Д.

Отнимаем ~~но от~~ это время от момента θ и
 получим затмение по Восточному времени — найдет
 момент времени кульмиса по Восточному времени.

Если наблюдателя вращая из Восточного полушария
 Земли (к Востоку от Гринвича), то ~~он~~ ~~это~~ ~~получит~~
 момент времени кульмиса ~~со~~ прибавляет время ~~по~~
 и отнимаем ~~от~~ ~~себя~~ ~~на~~ ~~15^\circ; $\lambda = t \cdot 15^\circ$~~

узнаем ~~на~~ ~~15^\circ; $\lambda = t \cdot 15^\circ$
 к Западу от Гринвича ~~ранее~~ ~~Голтона~~.
 время отнимается по часу. 15° от настоящего
 времени ~~отнимать~~ ~~время~~ ~~для~~ ~~дан~~ ~~широты~~.~~



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.

