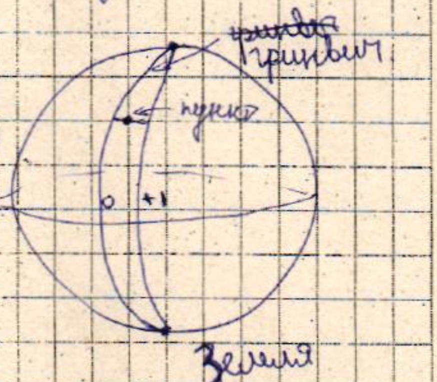
Бланк ответов Санкт-Петербургской олимпиады по астрономии

Шифр: 254

Во-первых скажем, что место съемки кеограммы находилось на северном полушарии, так как по графику видно: летом ночь короче, чем ~~летом~~ зимой.

① Найдем координаты пункта

Долготу определить достаточно легко. Из условия мы знаем, что часовой пояс места наблюдения – UTC+1. Однако, средняя солнечная полночь происходит не ровно в 0^h по гражданскому времени, а чуть позже, ~ на 40 мин. Значит съемка проводилась западнее меридиана +1 (долгота которого $\lambda_1 = \frac{360}{24} \cdot 1 = 15°$) на $\Delta T = 40$ мин (видно по графику)



$\Delta\lambda = \frac{40 \cdot 360}{60 \cdot 24} = 10°$

Долгота пункта: $\lambda = \lambda_1 - \Delta\lambda = 15° - 10° = 5°$, что очень близко к Гринвичскому меридиану.

Далее определим широту пункта. Я предложу два способа решения этой задачи.

① Найдем на кеограмме ~~дату~~ в день весеннего равноденствия (21.03), это ~ $\frac{2}{3}$ от всего марта, на графике этот день обозначен мною. Измерим длительность дня и ночи в этот день (по кеограмме):

Номер страницы 1 Всего страниц 8

Ночь: 6,5см, в пересчете в часы по нижней шкале - 10,5ч

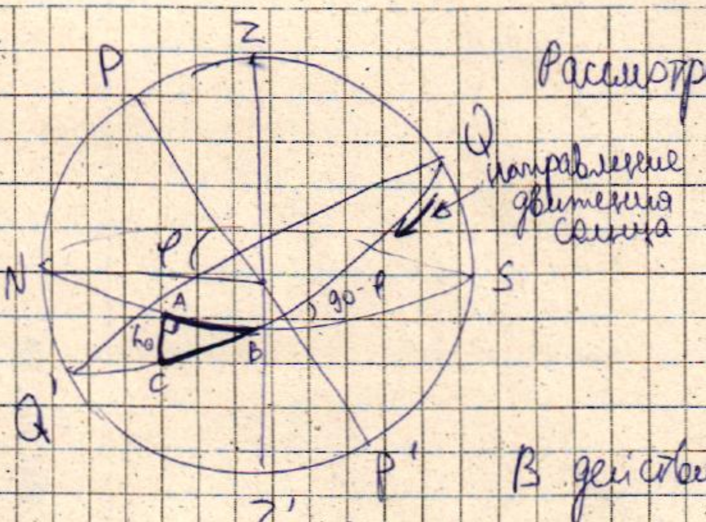
День: (2 + 7) см = 9см, в пересчете в часы - 13,5ч

Однако, не учитывая рефракцию, и другие факторы, в день весеннего равноденствия день должен примерно равняться ночи (т.е. ~12ч). То есть отклонение от нормы - 1,5ч. (12ч - 10,5ч = 1,5ч = 13,5ч - 12ч). Для объяснения этого факта воспользуемся первым графиком: по условию чувствительность камеры резко падает при $E < 0{,}03$ лк. В пересчете в логарифмическую шкалу это ~~примерно~~ чуть больше -2: $10^{-2} = 0{,}01$, а нам нужно 0,03 лк.

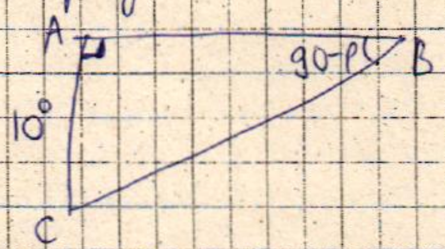
То есть условно при значениях $\lg E$ -2 - -1,5 на кеограмме светлая часть переходила в темную (образовывался терминатор, переход из дня в ночь)

По первому графику, что данное значение $\lg E$ соответствует $z_\odot = 100°$. То есть высота Солнца $h = -10°$.

~~Именно поэтому~~ Это навигационные сумерки. Именно поэтому на кеограмме $T_{день} \neq T_{ночь}$. За время $\Delta t = 1{,}5$ч Солнце опускается за горизонт на 10°. Зная это, найдем широту:



Рассмотрим подробнее выделенный треугольник: ABC



В действительности Солнце заходит за горизонт в (·)B, а на кеограмме в (·)C. Дуга CB демонстрирует пройденный Солнцем путь за 1,5ч.

$CB = \omega_\odot \Delta t = \frac{360^\circ}{24ч} 1{,}5ч = 22{,}5^\circ$ в день 21.03 Солнце движется по неб. экватору $\Rightarrow$ $\Rightarrow \omega_\odot = \frac{360^\circ}{24ч} = 15^\circ/ч$

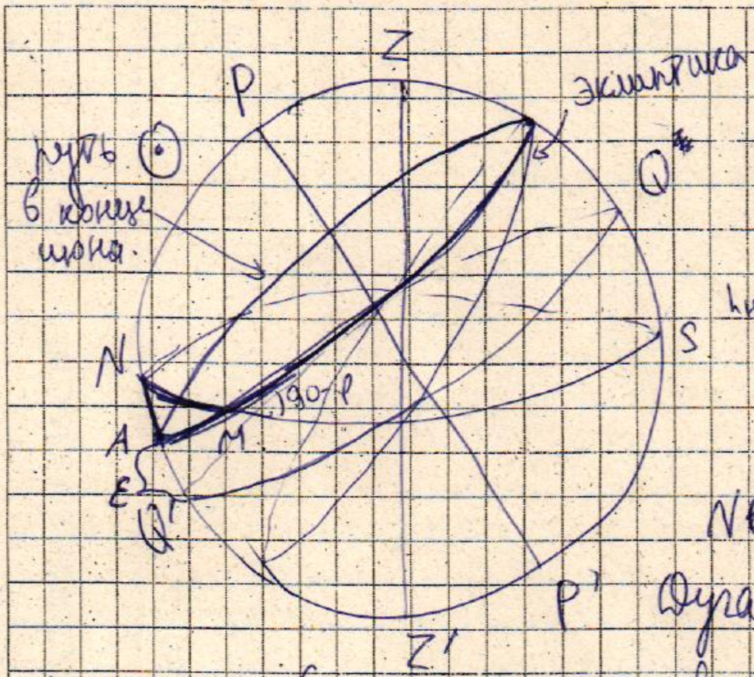
~~Допустим $\triangle ABC$ = плоск~~

$\times \begin{array}{r} 15 \\ 1{,}5 \\ \hline 75 \\ +15 \\ \hline 22{,}5 \end{array}$

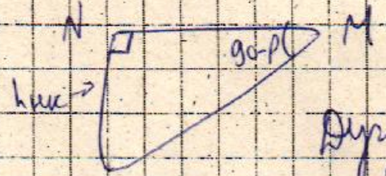
Будем считать $\triangle ABC$ - плоским (т.к. задача прикидочная, излишняя точность не нужна, да и калькулятором пользоваться запрещено). Тогда: $\sin(90-\varphi) = \frac{10^\circ}{22{,}5^\circ} \approx \frac{1}{2}$

$90-\varphi = 30^\circ$ $\boxed{\varphi = 60^\circ}$

② Второй способ заключается в измерении длительности ночи в день летнего солнцестояния и решении тригонометрического уравнения:



Рассмотрим подробнее $\triangle Q^{*}NM$:



Дугу NA можем выразить как:

$$NA = 90 - \varphi - \varepsilon$$

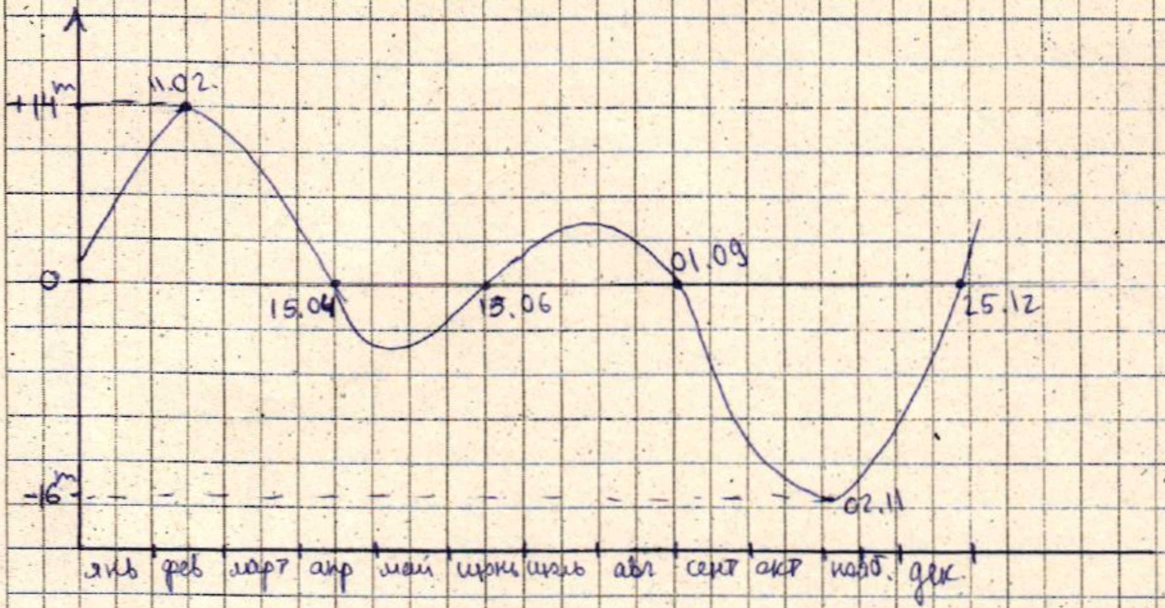
Дуга AM - путь который прошло Солнце за половину ночи.

$$AM = \omega_{\odot} \cdot \frac{1}{2} T = \frac{360^\circ}{24^ч} \cos\varepsilon \cdot \frac{1}{2} T$$

Однако, тут возникают проблемы с вычислением T, так как темная часть на кеограмме вовсе не значит ночь в реальности, в чем мы убедились в прошлом способе. Значит данный способ сработает только если бы камера, снимающая кеограмму считала наступлением ночи высоту Солнца 0° (т.е. $\lg E = 2{,}5$). Итак, мы получим координаты пункта наблюдения, $\lambda = 5^\circ$; $\varphi = 60^\circ$ ~~Эта ко об~~ Это примерно северная Европа.

Далее объясню несимметричность темной области относительно вертикальной оси.

Шифр: 254



На графике выше изображено всем известное уравнение времени. Это разница между средним солнечным и истинным солнечным временем. Основная причина данной особенности — эллиптичность земной орбиты, которая в летом проходит афелий, то есть имеет минимальную скорость движения (по II закону Кеплера), а зимой — перигелий (min расстояние до ☉), т.е. V — максимальная. Из-за ~~чо~~ этого также меняется скорость Солнца на небе.

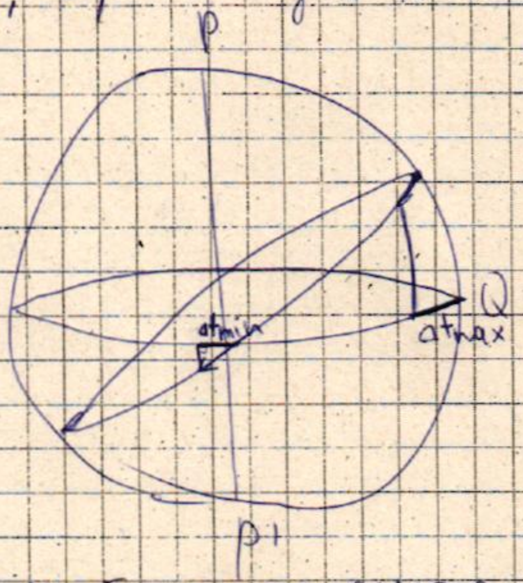
II закон Кеплера.

$S_1 = S_2$

за равные промежутки времени

Также можно выделить вторую причину — в дни равноденствий Солнце под max углом к неб. экватору движется по большому кругу небесной сферы, а значит изменение часового угла также происходит с ~~...~~ минимальной скоростью (~~[illegible]~~)

В дни солнцестояний же Солнце движется почти параллельно небесному экватору, скорость изменения часового угла максимальна.



Соответственно, разница между средним и истинным временем варьируется в пределах $[-16^m, +14^m]$

А нижняя шкала отображает среднее время, то есть кеограмма будет отклонятся на $[-16^m, +14^m]$ в зависимости от даты. В самом деле, если провести ~ по центру вертикальную ось и померить на сколько отстоит терминатор слева и справа, то в дни, когда уравнение времени $=0$, правая и левая части равны, а, например, в начале ноября: слева - 4,5 см, справа - 4 см, $\Delta l = 0{,}5$ см, что в пересчете во время как раз и дает $\Delta t = 16^m$

Далее ответим на оставшийся вопрос о светлых наклонных полосах на кеограмме. Стоит заметить, что в дневное время они почти не различимы, в отличие от

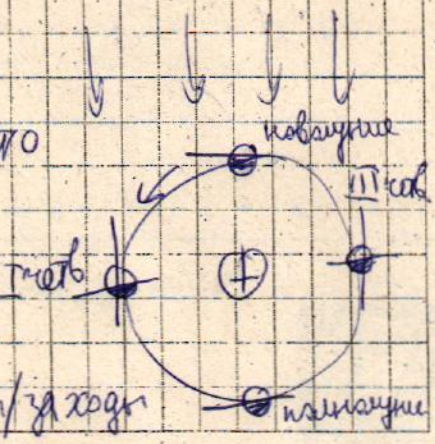
темной части графика. ~~В~~ С первого взгляда можно
подумать, что это помехи принтера (краска кончается, бывает)
Однако, можно заметить несколько интересных факторов,
которые приведут нас к правильному ответу:

① Всего полос 12 (даже 12,5, в начале января виднеется
еще одна половинка), причем они расположены равномерно,

② Полосы видны примерно пол месяца, а затем
следует такой же полумесячный перерыв.

Это удивительно похоже на поведение Луны. И в
самом деле: полосы повторяются каждый лунный месяц
(29 дней), а ~~в~~ максимумы яркости полос соответствуют
полнолуниям. То есть ночью Луна относительно остального
неба очень яркая, что объясняет видимость полос именно
на темной области. Чем меньше фаза Луны, тем менее
~~яркая ст~~ яркой становится полоса. То есть темные полосы
(ночи) соответствуют новолуниям.

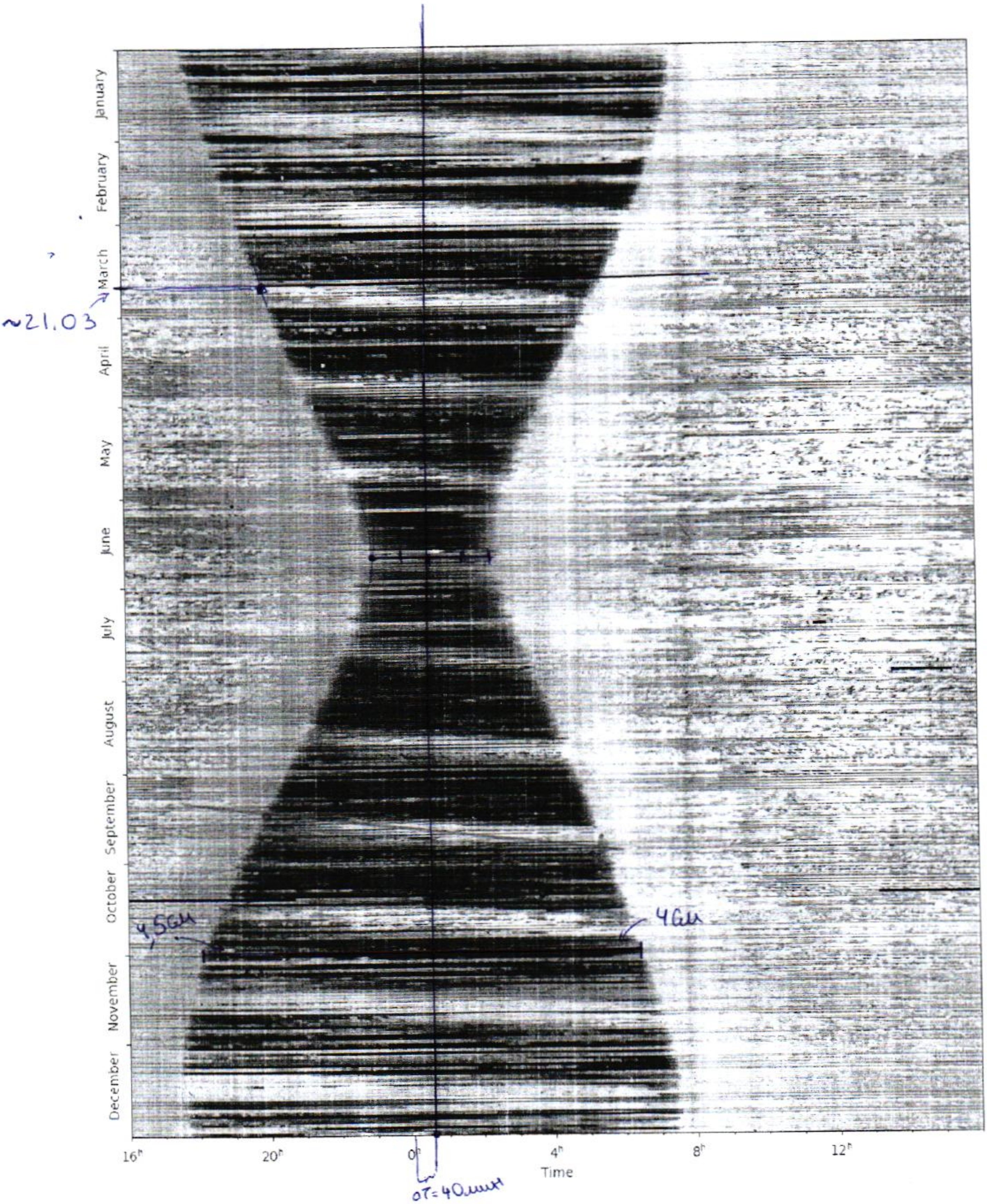
Почему же они наклонные? Потому что
Луна движется по небу (по эклиптике) и
с каждым днем смещается ~ на 13° по
ней. Значит кульминации ~~Луны~~ /восходы/заходы



Луны с каждым днем проходят в разное время. Именно поэтому с течением времени полосы немного наклоняются.

Ответ: $\lambda = 5^\circ$, $\varphi = 60^\circ$

Шифр: 254


January
February
March
April
May
June
July
August
September
October
November
December
16h
20h
0h
4h
8h
12h
Time
~21.03
4,5ч
4ч
Δτ=40мин