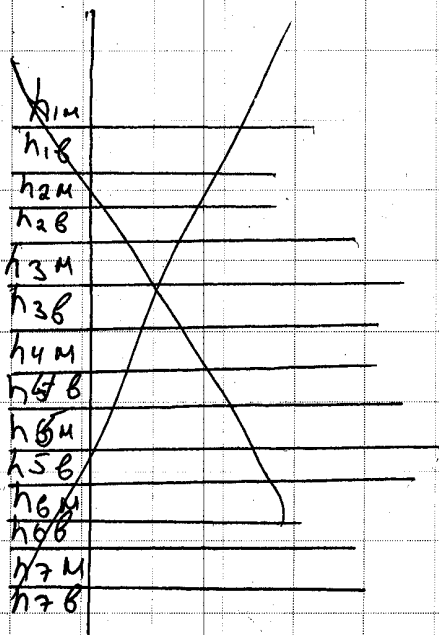


Тем больше высота луны над горизонтом
тем меньше рефракция

на фото сразу заметно, что у горизонта луна более сплюснута. Это связано с тем, что на меньших высотах рефракция меняется более существенно, в связи с этим верхний край луны поднимается на меньший угол, чем нижний.

Угловой диаметр луны $\beta \approx 0,5^\circ$, рефракция не влияет на положение левых и правых точек луны отн-но друг-друга $\Rightarrow 2,9 \text{ см} \sim 0,5^\circ$, теперь можем измерить высоту ^{центра} луны для верхних и нижних краёв луны для каждого снимка. Для этого составим пропорцию



$$h = 0,5^\circ \cdot \frac{x_{\text{мм}}}{2,9 \text{ см}}$$
 где x расстояние от центра изображения до сисловой высоты

N	$h_{\text{м}}^\circ$	$h_{\text{в}}^\circ$	$x_{\text{мм}}$	$x_{\text{см}}$	Δx
1	-0,01	0,13	-0,5	1,7	2,2
2	0,12	0,53	0,7	3,1	2,4
3	0,36	0,79	2,1	4,6	2,5
4	0,54	1,05	3,4	6,1	2,7
5	0,88	1,35	5,1	8,4	2,75
6	1,16	1,64	6,7	9,5	2,8
7	1,45	1,91	8,4	11,2	2,85

Без учета рефракции разность высот
верхнего и нижнего краёв должна = β

$$h_B - \alpha_B - (h_M - \alpha_M) = 0,5^\circ$$

$$\frac{2,9 - \Delta X}{2,9} \beta = \Delta X$$

1) Высота $h_M \approx 0^\circ \rightarrow \alpha_M = 0,5^\circ$

$$0,3^\circ - \alpha_B - (0 - 0,5^\circ) = 0,5^\circ$$

$$\alpha_B = 0,3^\circ$$

$$\Rightarrow \alpha_B = 0,32^\circ$$

$$\frac{2,9 - \Delta X}{2,9} \beta = \Delta X, \Rightarrow$$

разность рефракций

2) Центр и положение луны находятся на такой же высоте, что и нижний край луны на втором снимке, тогда пренебрежём незначительностью и скажем, что $\alpha_{\text{жк}} = \frac{\alpha_B + \alpha_M}{2} \approx 0,45^\circ$

$$0,3^\circ - \alpha_B - (0,12^\circ - 0,4^\circ) = 0,5^\circ$$

$$0,3^\circ - 0,12^\circ + 0,4^\circ - 0,5^\circ = \alpha_B \Rightarrow 0,31^\circ$$

$$\frac{2,9 - (3,1 - 0,7)}{2,9} \beta = 0,4^\circ - \alpha_B = 0,088^\circ \Rightarrow \alpha_B = 0,313^\circ$$

3) Аналогичная ситуация

$$\alpha'_{\text{жк}} = \frac{\alpha_B + \alpha_M}{2} = 0,355^\circ$$

$$\frac{2,9 - (2,5)}{2,9} \beta = 0,355^\circ - \alpha_B \Rightarrow \alpha_B = 0,286^\circ \approx 0,29^\circ$$

4) Аналогичная ситуация

$$\alpha_{\text{жк}} = 0,32^\circ$$

$$\alpha_B = 0,32^\circ - \frac{2,9 - 2,7}{2,9} \beta = 0,285^\circ$$

5) Теперь не ~~учет~~ высот. Центра и положения лучи не равна высоте мнимого края и смилка. Теперь, пренебрегая незначительностью, измерим рефракцию того участка высота, которого равна высоте мнимого края след. фото.

$$\cancel{h_{5M}} = h_{4M} \wedge \alpha_{5M} = \alpha_{4M} - \frac{\Delta \alpha_4 \cdot \Delta \rho_4}{\Delta x_4} = 0,329$$

$$\Delta \rho_4 = 1,6 \text{ см}$$

$$\Delta \alpha_4 = 0,035$$

$$\alpha_{5B} = \alpha_{5M} - \frac{2,9 - 2,75}{2,9} \beta = 0,278^\circ$$

6) Аналогично тому, что я делал с 5 смилками

$$\alpha_{6M} = \alpha_{5M} - \frac{\Delta \alpha_5 \cdot \Delta \rho_5}{\Delta x_5} = 0,283^\circ$$

$$\alpha_{6B} = \alpha_{6M} - \frac{2,9 - 2,8}{2,9} \beta = 0,287^\circ$$

7) Аналогично

$$\alpha_{7M} = \alpha_{6M} - \frac{\Delta \alpha_6 \cdot \Delta \rho_6}{\Delta x_6} = 0,276^\circ$$

$$\alpha_{7B} = \alpha_{7M} - \frac{2,9 - 2,85}{2,9} \beta = 0,267^\circ$$

h°	Δ°
0	0,5°
0,2	0,41
0,3	0,32
0,36	0,315
0,53	0,313
0,57	0,31
0,79	0,295
0,88	0,29
1,05	0,285
1,16	0,283
1,35	0,278
1,45	0,276
1,64	2,7
1,9	0,263

Заметим, что
Вблизи шмиков
7 и 6 за каждую
0,1° высоты рефрак-
ция изменяется
на $\approx 0,003$

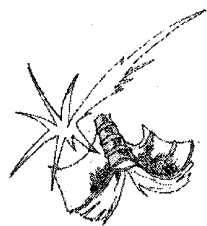
тогда

$$\Delta_{3^\circ} = \left(\frac{3^\circ - 1,9^\circ}{3^\circ} \cdot \frac{0,003}{0,1^\circ} \right) +$$

$$+ 0,265 \approx 0,254^\circ$$

САР - 34

$$\frac{29}{117} = \Delta \alpha \quad 5/5$$



**XXXII Санкт-Петербургская
Астрономическая олимпиада**
практический тур

2025
2
марта

10 класс

Вам даны наложенные на один снимок изображения Луны недалеко от горизонта, полученные во время ее восхода (нижние изображения частично перекрыты зданиями и облаками). Считая рефракцию на горизонте при имеющихся атмосферных условиях равной $30'$, постройте зависимость угла рефракции от высоты для малых высот в виде таблицы или графика, а также оцените величину угла рефракции на высоте, равной 3° . Можно считать, что положение горизонта совпадает с нижней границей изображения.

